

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-320358

(43)Date of publication of application : 21.11.2000

(51)Int.Cl.

F02D 13/02

F01L 1/34

F01L 13/00

(21)Application number : 11-133973

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 14.05.1999

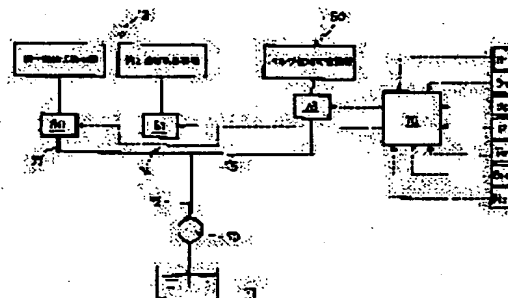
(72)Inventor : YOSHIKI KOICHI
TSUJII KEIJI

(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE CONTROLLER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To control a combustion state with a control variable optimal to a valve operation characteristic by detecting a hydraulic fluid property in a hydraulic valve characteristic switching mechanism and changing a delay time deciding a switching timing for a control variable holding means holding control variables for controlling a combustion state of an internal combustion engine.

SOLUTION: A valve characteristic switching mechanism 50 switch a valve operation characteristic of an intake valve 11, for example, is arranged in an internal combustion engine, and a valve operation characteristic is switched to be changed by means of an oil pressure hydraulic switching valve 78 for hydraulic fluid fed to the valve characteristic switching mechanism 50. In this case, an ECU 76 holding a control amount for controlling the combustion state of the internal combustion engine, in response to a valve operation characteristic, is arranged. In addition, a hydraulic fluid property detecting means detecting a hydraulic fluid property is arranged. Delay time from an oil pressure switching time of the hydraulic switching valve 78 to the finish of a switch of a valve characteristic by means of the valve characteristic switching mechanism 50 is set on the basis of the detected hydraulic fluid state, and after the lapse of the delay time, a combustion state of the internal combustion engine is controlled according to the control amount.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-320358

(P2000-320358A)

(43) 公開日 平成12年11月21日 (2000. 11. 21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
F 0 2 D 13/02		F 0 2 D 13/02	H 3 G 0 1 6
F 0 1 L 1/34		F 0 1 L 1/34	E 3 G 0 9 2
13/00	3 0 1	13/00	3 0 1 Y
			3 0 1 V

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平11-133973

(22) 出願日 平成11年 5 月 14 日 (1999. 5. 14)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目 1 番 1 号

(72) 発明者 吉木 浩一

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
社本田技術研究所内

(72) 発明者 辻井 敬二

埼玉県和光市中央 1 丁目 4 番 1 号 株式会
社本田技術研究所内

(74) 代理人 100067840

弁理士 江原 望 (外 2 名)

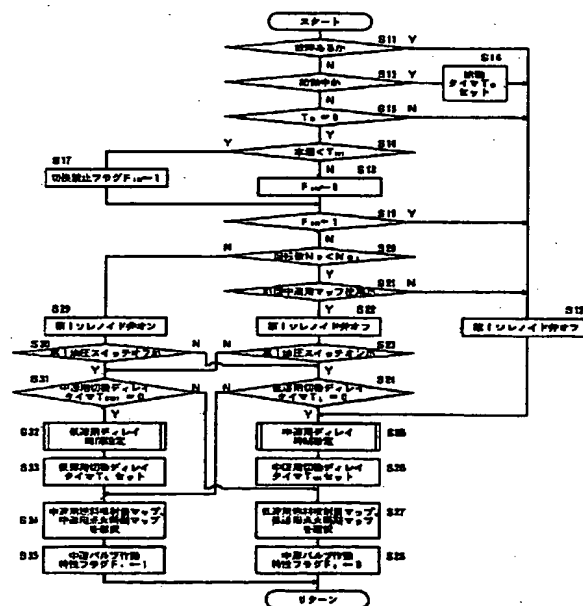
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の制御装置

(57) 【要約】

【課題】 バルブ作動特性切換時に、燃烧状態を制御する制御量を記憶したマップを切り換えるディレイ時間を、動弁装置における油圧式バルブ特性切換機構の作動油性状に応じた値に設定することで、バルブ作動特性切換タイミングとマップの切換タイミングとを一致させて、内燃機関の性能の一層の向上を図る。

【解決手段】 内燃機関の制御装置は、吸排気弁のバルブ作動特性を切り換える油圧式バルブ特性切換機構と、位相を変更する油圧式バルブ位相可変機構を備えた動弁装置と、バルブ作動特性に対応した燃料噴射量・点火時期を記憶したマップと、バルブ作動特性の切換が完了するまでのディレイ時間をバルブ位相可変機構の挙動から検出した作動油性状に基づいて設定するディレイ時間設定手段 S 2 5、S 3 2 とを備え、ディレイ時間経過後にマップを切り換える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該内燃機関の吸気弁および排気弁の少なくともいずれか一方のバルブ作動特性を切り換える油圧式のバルブ特性切換機構および油圧源から該バルブ特性切換機構へ供給される作動油の油圧を切り換える油圧切換弁を有する第1バルブ制御機構を備えた動弁装置と、前記運転状態検出手段により検出された運転状態に応じて前記油圧切換弁の作動を制御する第1弁作動制御手段と、前記バルブ作動特性にそれぞれ対応して前記内燃機関の燃焼状態を制御する制御量が保有された制御量保有手段と、該制御量保有手段の制御量に基づいて作動される燃焼制御手段と、前記作動油の性状を検出する作動油性状検出手段と、前記油圧切換弁の油圧切換時点から前記バルブ特性切換機構によるバルブ作動特性の切換が完了するまでのディレイ時間を、前記作動油性状検出手段により検出された作動油性状に基づいて設定するディレイ時間設定手段と、前記油圧切換弁による前記バルブ特性切換機構への油圧の切換時点から前記ディレイ時間経過後に切換後のバルブ作動特性に対応する前記制御量保有手段に切り換える切換手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項2】 前記動弁装置は、さらに、前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の開閉時期である位相を変更する油圧式のバルブ位相可変機構および前記油圧源からバルブ位相可変機構へ供給される作動油の油圧を制御する油圧制御弁を有する第2バルブ制御機構を有しており、前記油圧制御弁は前記運転状態検出手段により検出された運転状態に応じて第2弁作動制御手段によりその作動が制御され、また前記作動油性状検出手段は、第2バルブ制御機構の挙動に基づいて作動油性状を検出することを特徴とする請求項1記載の内燃機関の制御装置。

【請求項3】 位相が変更される前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の位相を検出する位相検出手段と、該位相検出手段により検出された位相の変化速度を算出する位相変化速度算出手段を備え、前記作動油性状検出手段は、位相の前記変化速度に基づいて作動油性状を検出することを特徴とする請求項2記載の内燃機関の制御装置。

【請求項4】 位相が変更される前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の位相を検出する位相検出手段と、前記運転状態検出手段により検出された運転状態に基づいて目標位相を設定する目標位相設定手段とを備え、前記第2弁作動制御手段は、前記目標位相と前記位相検出手段により検出された位相とが一致するように前記油圧制御弁の作動を制御し、また前記作動油性状検出手段は、前記目標位相と前記位相検出手段により検出された位相との偏差に基づいて作動油性状を検出することを特徴とする請求項2記載の内燃機関の制御装

置。

【請求項5】 前記油圧制御弁は、前記第2弁作動制御手段によりデューティ制御された供給電流量に応じて作動され、前記作動油性状検出手段は、前記油圧制御弁で制御された油圧により、バルブ位相可変機構が一定の位相を保持しているときの前記供給電流量のデューティ比に基づいて作動油性状を検出することを特徴とする請求項2記載の内燃機関の制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本出願発明は、吸気弁または排気弁のリフト量等のバルブ作動特性を切り換える油圧式のバルブ特性切換機構および吸気弁または排気弁の位相を変更する油圧式のバルブ位相可変機構を有する動弁装置を備えた内燃機関において、バルブ作動特性を切り換える際に、バルブ特性切換機構に供給される作動油の粘度等、作動油の性状を反映したタイミングで、燃料噴射量等の内燃機関の燃焼状態を制御する制御量が記憶されたマップを切り換える制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】内燃機関の吸気弁および排気弁を、機関低速回転時に小リフト量および小開弁期間の低速用カムにより駆動し、機関高速回転時は大リフト量および大開弁期間の高速用カムにより駆動することで、バルブ作動特性を切り換える油圧式のバルブ特性切換機構を有する動弁装置を備えた内燃機関が知られている（特許第2619696号公報参照）。このバルブ特性切換機構は、吸気弁および排気弁の各ロッカーアームに設けられた連結ピンと油圧切換弁とを備え、油圧切換弁により切り換えられるオイルの油圧で連結ピンを移動させて、それらロッカーアームを連結状態または連結解除状態にすることで、低速用カムまたは高速用カムで各ロッカーアーム、したがって吸気弁および排気弁が駆動されるようにしている。

【0003】そして、バルブ作動特性の切換時には、燃料噴射量のマップおよび点火時期のマップを、バルブ作動特性に対応した低速用マップまたは高速用マップに切り換えて、燃料噴射量制御および点火時期制御を行っている。その際、油圧切換弁で切り換えられた油圧により、全ての気筒のバルブ特性切換機構の切換動作が完了するまでのディレイ時間をタイマに予めセットし、このディレイ時間が経過した後にマップの切換えが行われるようにすることで、各バルブ作動特性に合った燃料噴射量制御および点火時期制御がなされている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、前記従来技術では、タイマにセットされるディレイ時間は、エンジンストール防止およびドライバビリティの悪化防止の観点から決められた一定値（固定値）が採用されている。バルブ特性切換機構の作動油であるオイルの性状の

変化に対応したものとなっていなかった。そのため、オイルが機関の運転状態等の影響を受けた結果、オイルの性状（例えば油温の高低によるオイルの粘度）が変化して、バルブ特性切換機構の作動の応答性が異なるものとなることに起因して、実際上は全ての気筒のバルブ特性切換機構が既に高速側（または低速側）に切り換わっているにも拘わらず、燃料噴射量および点火時期のマップがそれぞれ低速用（または高速用）のマップになっていることがあった。そして、このバルブ作動特性の切換時点とマップの切換時点とのズレにより吸入空気量と燃料噴射量および点火時期とが適合しなくなる短時間、空燃比または点火時期がその最適値から外れた状態が生じて、前述のエンジンストール防止およびドライバビリティの悪化防止以外の内燃機関の性能上、特に排気エミッション上好ましくない結果をもたらしていた。

【0005】本出願発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、動弁装置における油圧式のバルブ特性切換機構の作動油の性状を検出して、内燃機関の燃焼状態を制御する制御量を保有する制御量保有手段の切換タイミングを決定するディレイ時間を、検出された作動油性状に応じて変更することにより、バルブ作動特性の切換タイミングと燃焼状態を制御する制御量を保有する保有手段の切換タイミングとを極力一致させて、内燃機関の性能の一層の向上を図ることを課題とする。

【0006】

【課題を解決するための手段および効果】本出願の請求項1記載の発明は、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段と、該内燃機関の吸気弁および排気弁の少なくともいずれか一方のバルブ作動特性を切り換える油圧式のバルブ特性切換機構および油圧源から該バルブ特性切換機構へ供給される作動油の油圧を切り換える油圧切換弁を有する第1バルブ制御機構を備えた動弁装置と、前記運転状態検出手段により検出された運転状態に応じて前記油圧切換弁の作動を制御する第1弁作動制御手段と、前記バルブ作動特性にそれぞれ対応して前記内燃機関の燃焼状態を制御する制御量が保有された制御量保有手段と、該制御量保有手段の制御量に基づいて作動される燃焼制御手段と、前記作動油の性状を検出する作動油性状検出手段と、前記油圧切換弁の油圧切換時点から前記バルブ特性切換機構によるバルブ作動特性の切換が完了するまでのディレイ時間を、前記作動油性状検出手段により検出された作動油性状に基づいて設定するディレイ時間設定手段と、前記油圧切換弁による前記バルブ特性切換機構への油圧の切換時点から前記ディレイ時間経過後に切換後のバルブ作動特性に対応する前記制御量保有手段に切り換える切換手段とを備える内燃機関の制御装置である。

【0007】この請求項1記載の発明によれば、バルブ特性切換機構を作動させる作動油の作動油性状に基づいて設定されたディレイ時間経過後に、切換手段が、動弁

機構の切換前のバルブ作動特性に対応した制御量保有手段から、切換後のバルブ作動特性に対応した制御量保有手段に切り換える。そして、燃焼制御手段がその切り換えられた制御量保有手段に保有された制御量に基づいて内燃機関の燃焼制御を行う。その結果、ディレイ時間は内燃機関の運転状態の影響を受けて変化する作動油性状の変化に対応して設定できるため、広範囲の機関運転域において、バルブ特性切換機構による動弁機構のバルブ作動特性の切換タイミングと制御量保有手段の切換タイミングとを略一致させて、バルブ作動特性に最適な制御量で内燃機関の燃焼状態を制御することができるので、内燃機関の性能の一層の向上が可能となる。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1記載の内燃機関の制御装置において、前記動弁装置は、さらに、前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の開閉時期である位相を変更する油圧式のバルブ位相可変機構および前記油圧源からバルブ位相可変機構へ供給される作動油の油圧を制御する油圧制御弁を有する第2バルブ制御機構を有しており、前記油圧制御弁は前記運転状態検出手段により検出された運転状態に応じて第2弁作動制御手段によりその作動が制御され、また前記作動油性状検出手段は、第2バルブ制御機構の挙動に基づいて作動油性状を検出するものである。

【0009】この請求項2記載の発明によれば、作動油性状検出手段は、油圧で作動されるバルブ位相可変機構および油圧制御弁を有する第2バルブ制御機構を利用して、その挙動に基づいてバルブ特性切換機構の作動油性状を検出できる。その結果、作動油性状を直接検出する検出手段、例えば作動油の油温センサは不要であり、コストを削減できる。また、作動油性状に影響を与える要因として、機関の運転状態に基づく要因（例えば作動油の油温）以外に、作動油の種類、作動油の経年変化等のものがあるが、これらの要因を全て取り込んだ結果としての作動油性状を検出することができるので、例えば、作動油の油温センサのみで作動油性状を検出する場合に比べて、より正確な作動油性状を検出でき、したがって、より正確な制御量保有手段の切換タイミングの設定ができる。

【0010】請求項3記載の発明は、請求項2記載の内燃機関の制御装置において、位相が変更される前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の位相を検出する位相検出手段と、該位相検出手段により検出された位相の変化速度を算出する位相変化速度算出手段を備え、前記作動油性状検出手段は、位相の前記変化速度に基づいて作動油性状を検出するものである。

【0011】この請求項3記載の発明によれば、供給される作動油の作動油性状を反映したバルブ位相可変機構の挙動から、作動油性状を検出できる。さらに、位相が大きく変化した場合や連続的に変化している場合にも作動油性状の検出が可能であることから、広範囲の機関運

10

20

30

40

50

転域において作動油性状を逐次検出することができる。

【0012】請求項4記載の発明は、請求項2記載の内燃機関の制御装置において、位相が変更される前記吸気弁および前記排気弁の少なくともいずれか一方の位相を検出する位相検出手段と、前記運転状態検出手段により検出された運転状態に基づいて目標位相を設定する目標位相設定手段とを備え、前記第2弁作動制御手段は、前記目標位相と前記位相検出手段により検出された位相とが一致するように前記油圧制御弁の作動を制御し、また前記作動油性状検出手段は、前記目標位相と前記位相検出手段により検出された位相との偏差に基づいて作動油性状を検出するものである。

【0013】この請求項4記載の発明によれば、供給される作動油の作動油性状を反映したバルブ位相可変機構の挙動から、作動油性状を検出できる。しかも、作動油性状を反映した目標位相と実際の位相との偏差は、バルブ位相可変機構を目標位相に制御する際の過程で得られるデータであるため、作動油性状を検出するために、目標位相と実際の位相との偏差を求めるための独自の装置は不要である。

【0014】請求項5記載の発明は、請求項2記載の内燃機関の制御装置において、前記油圧制御弁は、前記第2弁作動制御手段によりデューティ制御された供給電流量に応じて作動され、前記作動油性状検出手段は、前記油圧制御弁で制御された油圧により、バルブ位相可変機構が一定の位相を保持しているときの前記供給電流量のデューティ比に基づいて作動油性状を検出するものである。

【0015】この請求項5記載の発明によれば、バルブ位相可変機構へ供給される作動油の油圧を制御する油圧制御弁への供給電流量のデューティ比を利用することで、作動油が供給されるバルブ位相可変機構により吸気弁または排気弁の位相が変化していない機関運転域であっても作動油性状を検出でき、それに基づいたディレイ時間を設定できる。

【0016】

【発明の実施形態】以下、本出願発明の実施形態を図1ないし図18を参照して説明する。図1ないし図14、図16、図17に図示される実施形態において、内燃機関1は、車両に搭載される火花点火式の4気筒DOHC4バルブ内燃機関であり、各ピストン2はコネクティングロッド3を介してクランク軸4に連結されている。図1に図示されるように、クランク軸4の軸端部に設けられたドライブスプロケット5と、吸気カム軸6および排気カム軸7の一方の軸端部にそれぞれ設けられた吸気および排気カムスプロケット8、9とが、タイミングチェーン10を介して連結されていて、両カム軸6、7は、クランク軸4が2回転したとき1回転するように回転駆動される。

【0017】各気筒には、吸気カム軸6により駆動され

る2個の吸気弁11と、排気カム軸7により駆動される2個の排気弁12とが設けられている。吸気カム軸6と吸気弁11との間、そして排気カム軸7と排気弁12との間には、それら弁11、12のバルブ作動特性、例えばリフト量および開弁期間を、3態様に切り換えるバルブ特性切換機構13がそれぞれ設けられている。また、吸気カム軸6において、カムスプロケット8が設けられた軸端部には、吸気弁11の開閉時期を無段階に進角または遅角してカム位相を変更するバルブ位相可変機構50が設けられている。

【0018】吸気弁11側のバルブ特性切換機構13と排気弁12側のバルブ特性切換機構13とは、実質的に同一構造であるため、以下、図2ないし図5を参照して、吸気弁11側のバルブ特性切換機構13の構造を説明する。吸気カム軸6には、各気筒に対応して、低速用カム15と高速用カム16と隆起部17とが、この順に並んで一体に設けられている。吸気カム軸6よりも下方において、吸気カム軸6と平行に固定されたロッカーシャフト18には、低速用カム15、高速用カム16および隆起部17にそれぞれ対応して、第1ロッカーアーム19、第2ロッカーアーム20および第3ロッカーアーム21が揺動自在に支持されている。

【0019】図3に図示されるように、低速用カム15は、吸気カム軸6の径方向に比較的小さい突出量で、その周方向に所定の角度範囲に渡って突出した高位部と、ベース円部とから構成されている。高速用カム16は、吸気カム軸6の径方向の突出量が低速用カム15の高位部の突出量より大きく、かつ周方向の角度範囲が低速用カム15のそれより広い高位部と、ベース円部とから構成されている。隆起部17は、吸気カム軸6の径方向に僅かに突出していて、その突出量が低速用カム15の高位部の突出量よりかなり小さい突部と、ベース円部とから構成されている。

【0020】吸気弁11のバルブステム22の上端には、鈎部23が設けられており、シリンダヘッド24および鈎部23間に圧縮状態で装着されたバルブスプリング25によって、吸気弁11は閉弁方向に付勢されている。ロッカーシャフト18に揺動自在に支持された第1、第3ロッカーアーム19、21の一端部には吸気弁11のバルブステム22の上端に当接するタベットねじ26がそれぞれ進退自在に設けられている。

【0021】第1、第2および第3ロッカーアーム19、20、21には、ロッカーシャフト18と両吸気弁11との間に第1、第2および第3ローラ27、28、29がそれぞれ設けられており、三つのロッカーアーム19、20、21は、これらローラ27、28、29を介して両カム15、16および隆起部17にそれぞれ従動する。また、第2ロッカーアーム20は、図示されない弾発付勢手段により、第2ローラ28が高速用カム16に当接するように付勢されている。

【0022】図5に図示されるように、第1ローラ27は、ロッカーシャフト18と平行な軸線を有して、第1ロッカーアーム19に嵌合して固定される内輪27aと、低速用カム15に摺接する外輪27bと、内輪27aおよび外輪27b間の複数のコロ27cとから構成される。同様に、第2ローラ28は、ロッカーシャフト18と平行な軸線を有して、第2ロッカーアーム20に嵌合して固定される内輪28aと、高速用カム16に摺接する外輪28bと、内輪28aおよび外輪28b間の複数のコロ28cとから構成され、第3ローラ29は、ロッカーシャフト18と平行な軸線を有して、第3ロッカーアーム21に嵌合して固定される内輪29aと、隆起部17に摺接する外輪29bと、内輪29aおよび外輪29b間の複数のコロ29cとから構成される。そして、各内輪27a、28a、29aは、各ロッカーアーム19、20、21が静止状態にあるとき、同一直線上に並ぶように固定されている。

【0023】図3ないし図5に図示されるように、第1および第3ロッカーアーム19、21には、両者の連結および連結解除を切換可能とする第1連結切換機構30が設けられ、第1ないし第3ロッカーアーム19、20、21には、これら三者の連結および連結解除を切換可能とする第2連結切換機構31が設けられている。

【0024】すなわち、第1および第3ロッカーアーム19、21には、ロッカーシャフト18に関して両吸気弁11とは反対側で、第2ロッカーアーム20を跨いで相互に対向する連結腕19a、20aが一体に形成され、これら連結腕19a、20aの間に、第1連結切換機構30が設けられている。この第1連結切換機構30は、連結腕19a、20aを連結可能な連結ピストン32と、連結ピストン32の移動を規制する規制部材33と、連結ピストン32および規制部材33を連結解除側に付勢する戻しばね34とを備えている。両連結腕19a、20aには、相互に対向するガイド穴35、36がロッカーシャフト18と平行に形成されている。

【0025】連結ピストン32は、ガイド穴35に摺動可能に嵌合され、連結ピストン32とガイド穴35の閉塞端との間には第1油圧室37が形成されている。また、第1ロッカーアーム19には第1油圧室37に連通する連通路38が設けられ、ロッカーシャフト18内にはオイルポンプ70に通じる第1油圧供給路39が形成されている。そして、この第1油圧供給路39は、第1ロッカーアーム19の揺動状態にかかわらず、連通路38を介して第1油圧室37に常時連通している。

【0026】一方、第2連結切換機構31は、第1および第2ロッカーアーム19、20を連結可能な連結ピストン41と、第2および第3ロッカーアーム20、21を連結可能な連結ピン42と、連結ピストン41および連結ピン42の移動を規制する規制部材43と、連結ピストン41、連結ピン42および規制部材43を連結解

除側に付勢する戻しばね44とを備えている。

【0027】連結ピストン41は、第1ローラ27の内輪27aに摺動可能に嵌合され、連結ピストン41の一端と第1ロッカーアーム19との間に第2油圧室45が形成されている。また、第1ロッカーアーム19には第2油圧室45に通じる連通路46が設けられる。さらに、ロッカーシャフト18内には、第1連結切換機構30の第1油圧供給路39とは隔離されるとともに、オイルポンプ70に通じる第2油圧供給路47が形成されている。そして、この第2油圧供給路47は、第1ロッカーアーム19の揺動状態にかかわらず、連通路46を介して第2油圧室45に常時連通している。

【0028】連結ピストン41の他端に一端が当接される連結ピン42は、第2ローラ28の内輪に摺動可能に嵌合されている。また、連結ピン42の他端に当接する有底円筒状の規制部材43は、第3ローラ29の内輪29aに摺動可能に嵌合されている。戻しばね44は、第3ロッカーアーム21と規制部材43との間に、圧縮状態で装着されている。

【0029】第1連結切換機構30において、第1油圧室37に供給される作動油の油圧が低圧になると、連結ピストン32および規制部材33は戻しばね34の弾発力で連結解除側に移動し、この状態では連結ピストン32および規制部材33の当接面は第1ロッカーアーム19および第3ロッカーアーム21間にあって、第1および第3ロッカーアーム19、21は連結解除状態にある。第1油圧室37に高油圧の作動油が供給されると、連結ピストン32は戻しばね34の弾発力に抗して連結側に移動し、連結ピストン32がガイド穴36に嵌合して第1および第3ロッカーアーム19、21は一体に連結された連結状態になる。

【0030】また、第2連結切換機構31において、第2油圧室45に供給される作動油の油圧が低圧になると、連結ピストン41、連結ピン42および規制部材43は戻しばね44の弾発力で連結解除側に移動し、この状態では連結ピストン41および連結ピン42の当接面は第1ロッカーアーム19および第2ロッカーアーム20間にあり、連結ピン42および規制部材43の当接面は第2ロッカーアーム20および第3ロッカーアーム21間にあって、第1、第2、第3ロッカーアーム19、20、21は連結解除状態にある。第2油圧室45に高油圧の作動油が供給されると、連結ピストン41、連結ピン42および規制部材43は戻しばね44の弾発力に抗して連結側に移動し、連結ピストン41が内輪28aに嵌合し、連結ピン42が内輪29aに嵌合して第1、第2、第3ロッカーアーム19、20、21は一体に連結された連結状態になる。

【0031】次に、図2および図6を参照して、吸気カム軸6の軸端部に設けられたバルブ位相可変機構50の構造を説明する。略円筒状のボス部材51の中心に形成

された支持穴51aが吸気カム軸6の軸端部に同軸に嵌合し、ピン52およびボルト53で相対回転不能に結合されている。タイミングチェーン10が巻き掛けられるカムスプロケット8は円形の凹部8aを有して略カップ状に形成されており、その外周にスプロケット歯8bが形成されている。カムスプロケット8の凹部8aに嵌合する環状のハウジング54と、さらにその軸方向に重ね合わされたプレート55とが、それらを貫通する4本のボルト56でカムスプロケット8に結合されている。

【0032】したがって、吸気カム軸6と一体に結合されたボス部材51は、カムスプロケット8、ハウジング54およびプレート55によって囲まれた空間に相対回転可能に収納される。ボス部材51を軸方向に貫通するピン孔にロックピン57が摺動自在に嵌合しており、このロックピン57はプレート55との間に圧縮状態で装着されたスプリング58によって、カムスプロケット8に形成されたロック穴8cに係合する方向に付勢されている。

【0033】ハウジング54の内部には、吸気カム軸6の軸線を中心とする扇状の凹部54aが90°間隔で4個形成されており、ボス部材51の外周から放射状に突出する4枚のペーン51bが、30°の中心角範囲で相対回転し得るように凹部54aに嵌合している。4個のペーン51bの先端に設けられた4個のシール部材59が凹部54aの天井壁に摺動自在に当接し、かつハウジング54の内周面に設けられた4個のシール部材60がボス部材51の外周面に摺動自在に当接することにより、各ペーン51bの両側に進角室61および遅角室62がそれぞれ区画されている。

【0034】吸気カム軸6の内部には、進角用油路63および遅角用油路64が形成されており、進角用油路63はボス部材51を半径方向に貫通する4本の油路65を介して4個の進角室61にそれぞれ連通し、遅角用油路64はボス部材51を半径方向に貫通する4本の油路66を介して4個の遅角室62にそれぞれ連通している。また、ロックピン57の頭部が嵌合するカムスプロケット8のロック穴8cは、図示されない油路を介していずれかの進角室61に連通している。

【0035】進角室61に作動油が供給されていないとき、ロックピン57の頭部はスプリング58の弾発力でカムスプロケット8のロック穴8cに嵌合し、図6に図示されるように、カムスプロケット8に対して吸気カム軸6が反時計方向に相対回転した最も遅角した状態にロックされる。この状態から進角室61に供給される作動油の油圧を高めてゆくと、進角室61から供給される作動油の油圧でロックピン57がスプリング58の弾発力に抗してカムスプロケット8のロック穴8cから離脱するとともに、進角室61および遅角室62の油圧差でペーン51bが押されることによりカムスプロケット8に対して吸気カム軸6が時計方向に相対回転し、低速用カ

ム15および高速用カム16の位相が一体的に進角して吸気弁11の開弁時期および閉弁時期が進み側に変化する。したがって、進角室61および遅角室62の油圧を制御することにより、吸気弁11の開閉時期を無段階に変化させることができる。

【0036】次に、図7を参照して、バルブ特性切換機構13およびバルブ位相可変機構50の油圧制御系について説明する。油圧源となるオイルポンプ70がクランクケースの底部のオイルパン71から油路を介して汲み上げたオイルは、内燃機関1のクランク軸4まわりや動弁機構の潤滑油として、またバルブ特性切換機構13およびバルブ位相可変機構50の作動油として油路72に吐出される。油路72から分岐して吸気弁11側のバルブ特性切換機構13に連通する二つの油路73、74には、ロッカーシャフト18内の二つの油圧供給路39、47の油圧を高低に切り換える油圧切換弁の一例としての第1および第2油圧応動バルブ80、81がそれぞれが設けられている。なお、図示されていないが排気弁12側のバルブ特性切換機構13に連通する油路にも、吸気弁11側のそれと同様に油圧切換弁が設けられている。ここで、吸気弁11側および排気弁12側のバルブ特性切換機構13と油圧切換弁とは、それぞれバルブ制御機構を構成している。また、油路72から分岐してバルブ位相可変機構50に連通する油路75には、進角室61および遅角室62の油圧を無段階に制御する油圧制御弁の一例としてのリニアソレノイドバルブ90が設けられている。ここで、バルブ位相可変機構50と油圧制御弁は、前述のバルブ制御機構とは別のバルブ制御機構を構成している。

【0037】吸気カム軸6の回転位置 θI を検出する吸気カム軸センサ67（図1参照）からの信号、排気カム軸7の回転位置を検出する排気カム軸センサ68（図1参照）に基づいてピストンの上死点 θTD を検出するTDCセンサからの信号、クランク軸4の回転位置 θC を検出するクランク軸センサ69（図1参照）からの信号、吸気負圧Pを検出する吸気負圧センサからの信号、冷却水温TWを検出する冷却水温センサからの信号、スロットル開度 θTH を検出するスロットル開度センサからの信号、内燃機関1の回転数Neを検出する回転数センサからの信号が入力される制御手段の一例としての電子制御ユニット76は、バルブ位相可変機構50、二つの油圧応動バルブ80、81の作動を制御する弁作動制御手段およびリニアソレノイドバルブ90の作動を制御する弁作動制御手段を備えている。また、これら各センサは、内燃機関の運転状態を検出する運転状態検出手段を構成している。

【0038】また、電子制御ユニット76に備えられているメモリには、吸気負圧と機関回転数とをパラメータとして燃料供給量、点火時期および目標カム位相の各マップが記憶されている。そして、燃料供給量マップ、例

例えば燃料噴射量マップ、および点火時期マップについては、機関低速時、中速時および高速時のバルブ作動特性に対応させて、それぞれ、低速用、高速用および高速用のマップが用意されている。また、燃料供給量および点火時期は、内燃機関1の燃焼状態を制御する制御量であり、電子制御ユニット76のメモリに記憶されているこれら燃料供給量および点火時期のマップは、前記制御量を保有する制御量保有手段の一例である。さらに、燃料を機関の気筒に供給するための燃料供給装置、例えば燃料噴射弁、および点火時期を制御する点火時期制御装置は、それぞれ燃焼制御手段の一例であり、マップに記憶されている制御量に基づいてそれぞれ作動される。

【0039】図8を参照して、第1油圧応動バルブ80の構造を説明する。第1油圧応動バルブ80は、ハウジング82と、ハウジング82の内部に摺動自在に嵌合するスプール83と、スプール83を開弁方向に付勢するスプリング84と、電子制御ユニット76の弁作動制御手段からの指令で作動される常閉型の第1ソレノイド弁85とを備えている。スプール83は、ハウジング82に形成された流入ポート82aから分岐したパイロット油路86を介して入力されるパイロット圧によりスプリング84の弾発力に抗して開位置に移動される。パイロット油路86は第1ソレノイド弁85により開閉され、第1ソレノイド弁85が開弁したとき、スプール83が開位置に移動する。

【0040】ハウジング82には、オイルポンプ70に接続される油路73にオイルフィルタ87を介して連通する流入ポート82aと、第1油圧供給路39に連通する流出ポート82bと、流入ポート82aと流出ポート82bとに連通するオリフィス穴82cと、流出ポート82bと連通してシリンダヘッド24の上部空間に開口するドレンポート82dとが形成されている。スプール83には、一対のランド83aの間にグループ83bが形成されている。

【0041】スプール83が開位置にあるとき、流出ポート82bは、オリフィス穴82cのみを介して流入ポート82aと連通するとともに、ドレンポート82dに連通して、第1油圧供給路39の作動油の油圧は低圧となる。スプール83が開位置にあるときは、流出ポート82bは、流入ポート82aとグループ83bを介して連通するとともに、ドレンポート82dとの連通が断たれて、第1油圧供給路39の作動油の油圧が高圧になる。

【0042】さらに、ハウジング82には、スプール83の開閉動作を確認するために、流出ポート82bの油圧を検出して低圧のときオンし、高圧のときオフする第1油圧スイッチ88が設けられている。

【0043】なお、第2油圧供給路47の油圧も、第1油圧応動バルブ80と同一構造の第2油圧応動バルブ81により切り換えられる。さらに、排気弁12側の第1

および第2油圧応動バルブ80、81も吸気弁11側のそれらと同様である。

【0044】次に、図9を参照して、リニアソレノイドバルブ90の構造を説明する。リニアソレノイドバルブ90は、円筒状のスリーブ91と、スリーブ91の内部に摺動自在に嵌合するスプール92と、スリーブ91に固定されてスプール92を駆動するデュティソレノイド93と、スプール92をデュティソレノイド93に向けて付勢するスプリング94とを備えている。電子制御ユニット76の弁作動制御手段からの指令で、デュティソレノイド93への供給電流量をONデュティでデュティ制御することにより、スプリング94の弾発力に抗してスリーブ91に摺動自在に嵌合するスプール92の軸方向位置を無段階に変化させることができる。

【0045】スリーブ91には、中央の流入ポート91aと、その両側に位置する進角ポート91bおよび遅角ポート91cと、それら両ポート91b、91cの両側に位置する一対のドレンポート91d、91eとが形成されている。一方、スリーブ91に摺動自在に嵌合するスプール92には、中央グループ92aと、その両側に位置する一対のランド92b、92cと、それらランド92b、92cの両側に位置する一対のグループ92d、92eとが形成されている。流入ポート91aはオイルポンプ70に接続され、進角ポート91bはバルブ位相可変機構50の進角室61に接続され、遅角ポート91cはバルブ位相可変機構50の遅角室62に接続されている。

【0046】以下、バルブ特性切換機構13の動作について説明する。内燃機関1の低速回転時に、電子制御ユニット76の弁作動制御手段からの指令により第1ソレノイド弁85および第2ソレノイド弁が開弁し、第1および第2油圧応動バルブ80、81が開弁して、バルブ特性切換機構13の第1および第2連結切換機構30、31に供給される油圧が低圧となると、ロッカーシャフト18内の第1および第2油圧供給路39、47に連なる第1および第2油圧室37、45の油圧がそれぞれ低圧となる。それゆえ、第1連結切換機構30の連結ピストン32および規制部材33は戻しばね34の弾発力で図4に図示される連結解除位置に移動し、第2連結切換機構31の連結ピストン、連結ピン42および規制部材43は戻しばね44の弾発力で図5に図示される連結解除位置に移動する。その結果、第1、第2、第3ロッカーアーム19、20、21は相互に切り離され、低速用カム15に第1ローラ27を当接させた第1ロッカーアーム19により一方の吸気弁11が開閉され、隆起部17に第3ローラ29を当接させた第3ロッカーアーム21により他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される。このとき高速用カム16に第2ローラ28を当接させた第2ロッカーアーム20は、吸気弁11の作動には無関係に空動する。

10

20

30

40

50

【0047】内燃機関1の中速回転時に、電子制御ユニット76の弁作動制御手段からの指令により第1ソレノイド弁85が開弁し、第1油圧応動バルブ80が開弁して、バルブ特性切換機構13の第1連結切換機構30に供給される作動油の油圧が高圧となる。それゆえ、ロッカーシャフト18内の第1油圧供給路39に連なる第1油圧室37の油圧が高圧となり、連結ピストン32および規制部材33は戻しばね34の弾発力に抗して連結位置に移動する。一方、第2連結切換機構31は連結解除位置にある。その結果、第1および第3ロッカーアーム19、21は相互に連結され、低速用カム15に第1ローラ27を当接させた第1ロッカーアーム19の揺動が、それと一体に連結された第3ロッカーアーム21に伝達されて2個の吸気バルブが開閉駆動される。このとき、隆起部17の突部は第3ロッカーアーム21の第3ローラ29から離れて空動し、第2ロッカーアーム20は吸気弁11の作動には無関係に空動する。

【0048】内燃機関1の高速回転時には、電子制御ユニット76からの指令により第1ソレノイド弁85に加えて第2ソレノイド弁が開弁して、第1および第2油圧応動バルブ80、81が開弁し、バルブ特性切換機構13の第1および第2連結切換機構31に供給される作動油の油圧が高圧となる。それゆえ、ロッカーシャフト18内の第1および第2油圧供給路39、47から第1および第2油圧室37、45にそれぞれ伝達される油圧が高圧となる。その結果、第1連結切換機構30の連結ピストン32および規制部材33は継続して連結位置にあり、一方第2連結切換機構31の連結ピストン41、連結ピン42および規制部材43は戻しばね44の付勢力に抗して連結位置に移動し、第1、第2、第3ロッカーアーム19、20、21が一体的に連結されるため、高速用カム16に第3ローラ29を当接させた第2ロッカーアーム20の揺動が、それと一体に連結された第1、第3ロッカーアーム19、21に伝達されて、2個の吸気弁11が開閉駆動される。このとき、低速用カム15の高位部は第1ロッカーアーム19の第1ローラ27から離れて空動し、隆起部17の突部は第3ロッカーアーム21の第3ローラ29から離れて空動する。

【0049】それゆえ、内燃機関1の低速回転時には、一方の吸気弁11を小リフト量および小開弁期間で駆動し、他方の吸気弁11を実質的に閉弁休止状態とする。また、内燃機関1の中速回転時には両吸気弁11を小リフト量および小開弁期間で駆動することができる。さらに、内燃機関1の高速回転時には両吸気弁11を大リフト量および大開弁期間で駆動することができる。

【0050】なお、排気弁12側のバルブ特性切換機構13も吸気弁11側のそれと同じ動作をし、それによって、機関回転数に応じた2個の排気弁12の動作も前述した2個の吸気弁11と同様に行われる。

【0051】次に、バルブ位相可変機構50の作用につ

いて説明する。内燃機関1の停止時に、バルブ位相可変機構50は遅角室62が最大容積になり、かつ進角室61の容積がゼロになった状態にあり、ロックピン57がカムスプロケット8のロック穴8cに嵌合して、最も遅角した状態に保持される。内燃機関1の始動によりオイルポンプ70が作動し、リニアソレノイドバルブ90を介して進角室61に供給される油圧が所定値を超えると、油圧によりロックピン57がロック穴8cから離脱してバルブ位相可変機構50は作動可能な状態になる。

【0052】この状態から、デューティソレノイド93のデューティ比を、中立位置の設定値、例えば50%より増加させると、図9においてスプール92がスプリング94に抗して中立位置よりも左側に移動し、オイルポンプ70に連なる流入ポート91aがグループ92aを介して進角ポート91bに連通するとともに、遅角ポート91cがグループ92eを介してドレンポート91eに連通する。その結果、バルブ位相可変機構50の進角室61に油圧が作用するため、図6においてカムスプロケット8に対して吸気カム軸6が時計方向に相対回転し、吸気カム軸6のカム位相が進角側に連続的に変化する。そして、目標とするカム位相が得られたときに、デューティソレノイド93のデューティ比を50%に設定してリニアソレノイドバルブ90のスプール92を図9に示す中立位置、すなわち流入ポート91aを一对のランド92b、92c間に閉塞し、かつ遅角ポート91cおよび進角ポート91bをそれぞれランド92b、92cで閉塞する位置に停止させることにより、カムスプロケット8および吸気カム軸6を一体化してカム位相を一定に保持することができる。

【0053】吸気カム軸6のカム位相を遅角側に連続的に変化させるには、デューティソレノイド93のデューティ比を50%より減少させてスプール92を中立位置から右動させ、オイルポンプ70に連なる流入ポート91aをグループ92aを介して遅角ポート91cに連通させるとともに、進角ポート91bをグループ92dを介してドレンポート91dに連通させればよい。そして、目標とする位相が得られたときに、デューティソレノイド93のデューティ比を50%に設定してスプール92を図9に示す中立位置に停止させれば、流入ポート91a、遅角ポート91cおよび進角ポート91bを閉塞してカム位相を一定に保持することができる。

【0054】このようにして、バルブ位相可変機構50でクランク軸4の位相に対して吸気カム軸6の位相を変化させることにより、吸気弁11の開閉時期を、吸気カム軸6の回転角の30°の範囲に渡って無段階に進角および遅角することが可能となる。

【0055】次に、吸気弁11側のバルブ特性切換機構13の制御態様と、燃料噴射量および点火時期の両マップの切換態様について、フローチャートを参照しながら説明するが、排気弁12側のバルブ特性切換機構13の

制御態様と、それに対応する燃料噴射量および点火時期の両マップの切換態様も、吸気弁11側のそれらと同様である。

【0056】図10のフローチャートは、電子制御ユニット76によるバルブ特性切換機構13の第1連結切換機構30による低速回転および中速回転間でのバルブ作動特性切換および燃料噴射量および点火時期の両マップの切換ルーチンを示すものであり、このルーチンは設定時間毎に実行される。

【0057】ステップS11では、センサ等に故障が発生しているか否かが判別され、故障が発生していれば、ステップS12において第1ソレノイド弁85に閉弁指令が出されて、一方の吸気弁11が低速用カム15により駆動され、他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される低速バルブ作動特性となる。ステップS12で第1ソレノイド弁85が閉弁された後、ステップS25に進むが、ステップS25以降の処理については後述する。

【0058】ステップS11で故障が発生していなければ、ステップS13に進んで内燃機関1が始動運転中であれば、ステップ14にて始動後ディレイタイムTSが設定時間、例えば5秒にセットされた後、ステップS12に進んで、第1ソレノイド弁85が閉弁状態にされる。

【0059】内燃機関1が始動を完了すると、ステップ15で始動後ディレイタイムTSがタイムアップするまでは、ステップS12に移行して第1ソレノイド弁85の閉弁状態が保持される。始動後ディレイタイムTSがタイムアップして、始動後5秒が経過すると、ステップS16で冷却水温センサの検出信号に基づいて冷却水温TWが設定水温TW1、例えば60°Cより低いかな、すなわち暖機が完了したか否かが判別される。暖機中であるときは、ステップS17で第1連結切換機構30によるバルブ作動特性の切換えを禁止する切換禁止フラグFINが「1」にセットされて、ステップS19に進む。

【0060】暖機が完了したときは、ステップS18で切換禁止フラグFINが「0」にセットされ、ステップS19にて切換禁止フラグFINが「1」、すなわち切換禁止となっているか否かを判別し、切換禁止のときは、ステップS12で第1ソレノイド弁85に閉弁指令が出される。

【0061】ステップS19で切換禁止フラグFINが切換禁止でなければ、ステップS20で回転数センサで検出した機関回転数が設定回転数Ne1、例えば2000rpmより低いかなが判別され、機関回転数が設定回転数Ne1より低いとき、すなわち低速回転時は、ステップS21にて、前回中速用の燃料噴射量および点火時期マップを選択していないとき、すなわち全気筒の第1連結切換機構30が中速バルブ作動特性に切り換えられていないときは、ステップS12に進む。

【0062】ステップS21で前回中速用の燃料噴射量および点火時期マップを選択しているときは、ステップS22で第1ソレノイド弁85に閉弁指令が出された後、ステップS23で第1油圧スイッチ88がオンしたか否か、すなわち第1油圧供給路39の油圧が低圧になったか否かが判別される。第1ソレノイド弁85の開弁から閉弁への切換時において、ステップS23で第1油圧スイッチ88がオフからオンになるまでの間は、ステップS31に進み、さらにステップS32ないしステップS35の一連の処理、すなわち低速用のディレイ時間の設定、低速用切換ディレイタイムTLのセット、燃料の噴射量制御ルーチンで使用される中速用燃料噴射量マップと点火時期制御ルーチンで使用される中速用点火時期マップの選択、および中速バルブ作動特性フラグF1の「1」へのセットがされて、中速用のマップが引き続き使用される。

【0063】ステップS23で第1油圧スイッチ88がオンして低圧となったときは、ステップS24で低速用切換ディレイタイムTLがタイムアップしたか否かが判別される。低速用切換ディレイタイムTLがタイムアップしていないときには、ステップS34で中速用燃料噴射量マップと中速用点火時期マップとが選択され、ステップS35にて中速バルブ作動特性フラグF1が「1」にセットされる。

【0064】ステップS24で低速用切換ディレイタイムTLがタイムアップしたときは、全ての気筒において、両吸気弁11が低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性から、一方の吸気弁11が低速用カム15により駆動され、他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される低速バルブ作動特性に切り換わる。そして、ステップS25で中速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS26にて中速用切換ディレイタイムTM1にセットされる。続いて、ステップS27において、電子制御ユニット76のマップ切換手段により低速用燃料噴射量マップと低速用点火時期マップとが選択されて、中速用のマップから低速用のマップに切り換えられる。その後、ステップS28にて、このときのバルブ作動特性は低速バルブ作動特性であるため、中速バルブ作動特性フラグF1が「0」にセットされる。

【0065】ステップS20で機関回転数Neが設定回転数Ne1以上のときは、ステップS29にて第1ソレノイド弁85に開弁指令、すなわち中速バルブ作動特性への切換指令が出される。そして、ステップS30で第1油圧スイッチ88がオフしたか否か、すなわち第1油圧供給路39の油圧が高圧になったか否かが判別される。第1ソレノイド弁85の開弁から閉弁への切換時において、ステップS30で第1油圧スイッチ88がオンからオフになるまでの間は、ステップS24に進み、さらにステップS25ないしステップS28の一連の処理、すなわち中速用のディレイ時間の設定、中速用切換

17

ディレイタイマTM1のセット、低速用燃料噴射量マップと低速用点火時期マップの選択、および中速バルブ作動特性フラグF1の「0」へのセットがされて、低速用のマップが引き続き使用される。

【0066】ステップS30で第1油圧スイッチ88がオフして第1油圧供給路39が高圧となったときは、ステップS31で中速用切換ディレイタイマTM1がタイムアップしたか否かが判別される。中速用切換ディレイタイマTM1がタイムアップしていないときには、ステップS27で低速用燃料噴射量マップと低速用点火時期マップとが選択され、ステップS28にて中速バルブ作動特性フラグF1が「0」にセットされる。

【0067】ステップS31で中速用切換ディレイタイマTM1がタイムアップしたときは、全ての気筒において、一方の吸気弁11が低速用カム15により駆動され、他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される低速バルブ作動特性から両吸気弁11が低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性に切り換わる。そして、ステップS32で低速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS33にて低速用切換ディレイタイマTLにセットされる。続いて、ステップS34において、電子制御ユニット76のマップ切換手段により中速用燃料噴射量マップと中速用点火時期マップとが選択されて、低速用のマップから中速用のマップに切り換えられる。その後、ステップS35にて中速バルブ作動特性フラグF1が「1」にセットされる。

【0068】ここで、低速用および中速用切換ディレイタイマTL、TM1にセットされるディレイ時間は、第1油圧供給路39の油圧が変化して全シリンダの第1連結切換機構30が切換動作を完了するまでの時間に合わせ、後述するディレイ時間設定ルーチンにて設定されるものであり、バルブ特性切換機構13を作動させるオイルの性状、特にその粘度を反映したものとなっていて、結果としてオイル性状に依存するバルブ作動特性の切換作動の応答性を考慮した値となっている。したがって、機関の運転状態が変化するなどして、オイル性状が変化したとしても、このディレイ時間経過後の低速用の両マップと中速用の両マップとへの切換えが行われるタイミングは、全ての気筒のバルブ作動特性の切換が完了するタイミングと略一致している。そのため、広範囲の機関運転域に渡って、燃料噴射量と点火時期とがバルブ作動特性に対して適切なものとなり、排気エミッションの改善が可能となる。

【0069】なお、ステップS11で故障が発生していると判別されたとき、ステップS13で始動中であると判別されたとき、ステップS13で始動完了後5秒が経過していないと判別されたとき、ステップS19で切換禁止フラグが「1」にセットされているとき、およびステップS21で前回中速用の燃料噴射量および点火時期マップを選択しているときは、前述のようにステップS

18

12に進み、第1ソレノイド弁85が閉弁されて、その後は、ステップS25で中速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS26にて中速用切換ディレイタイマTM1にセットされ、ステップS27において低速用燃料噴射量マップと低速用点火時期マップとが選択され、ステップにて中速バルブ特性フラグF1が「0」にセットされる。

【0070】次に、電子制御ユニット76によるバルブ特性切換機構13の第2連結切換機構31による中速回転および高速回転間でのバルブ作動特性切換および燃料噴射量および点火時期の両マップの切換ルーチンについて説明する。図11のフローチャートは、この切換ルーチンを示すものであり、ルーチンは設定時間毎に実行される。

【0071】ステップS41では、センサ等に故障が発生しているか否かが判別され、故障が発生していれば、ステップS42において第2ソレノイド弁に閉弁指令が出される。吸気弁11は、そのときの機関回転数Neに応じて、一方の吸気弁11が低速用カム15により駆動され、他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される低速バルブ作動特性、または両吸気弁11が低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性となる。ステップS42で第2ソレノイド弁が閉弁された後、ステップS49に進むが、ステップS49以降の処理については後述する。

【0072】ステップS41で故障が発生していなければ、ステップS43に進んで、中速バルブ作動特性フラグF1が「1」、すなわち吸気弁11が中速バルブ作動特性となっているか否かが判別され、中速バルブ作動特性となっていないときは、ステップS42で第2ソレノイド弁の閉弁指令が出され、一方の吸気弁11が低速用カム15により駆動され、他方の吸気弁11は実質的に閉弁休止される低速バルブ作動特性となる。

【0073】ステップS43で中速バルブ作動特性となっているときは、ステップS44で回転数センサで検出した機関回転数Neが設定回転数Ne2、例えば5000rpmより低いかが判別され、機関回転数が設定回転数Ne2より低いとき、すなわち中速運転時は、ステップS45にて、前回高速バルブ作動特性フラグF2が「1」にセットされていたか否かが判別され、高速バルブ作動特性フラグF2が「0」であるとき、すなわち全気筒の第2連結切換機構31が高速バルブ作動特性に切り換えられていないときは、ステップS42に進む。このとき、両吸気弁11は低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性となっている。

【0074】そして、ステップS45で前回高速バルブ作動特性フラグF2が「1」であるときは、ステップS46で第2ソレノイド弁に閉弁指令が出された後、ステップS47で第2油圧スイッチがオンしたか否か、すなわち第2油圧供給路47の油圧が低圧になったか否かが

50

判別される。第2ソレノイド弁の開弁から閉弁への切換時において、ステップS47で第2油圧スイッチがオフからオンになるまでの間は、ステップS55に進み、さらにステップS56ないしステップS59の一連の処理、すなわち中速用のディレイ時間の設定、中速用切換ディレイタイマTM2のセット、高速用燃料噴射量マップと高速用点火時期マップの選択、および高速バルブ作動特性フラグF2の「1」へのセットがされて、高速用のマップが引き続き使用される。

【0075】ステップで第2油圧スイッチがオンして低圧となったときは、ステップで中速用切換ディレイタイマがタイムアップしたか否かが判別される。中速用切換ディレイタイマTM2がタイムアップしていないときには、ステップで高速用燃料噴射量マップと高速用点火時期マップとが選択され、ステップにて高速バルブ作動特性フラグF2が「1」にセットされる。

【0076】ステップで中速用切換ディレイタイマTM2がタイムアップしたときは、全ての気筒において、両吸気弁11が高速用カム16により駆動される高速バルブ作動特性から、両吸気弁11が低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性に切り換わる。そして、ステップS49で高速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS50にて高速用切換ディレイタイマTHにセットされる。続いて、ステップS51において、電子制御ユニット76のマップ切換手段により中速用燃料噴射量マップと中速用点火時期マップとが選択されて、高速用のマップから中速用のマップに切り換えられる。その後、ステップS52にて、このときのバルブ作動特性が中速バルブ作動特性であるため、高速バルブ作動特性フラグF2が「0」にセットされる。

【0077】ステップS44で機関回転数が設定回転数Ne2以上のときは、ステップS53にて第2ソレノイド弁の開弁指令、すなわち高速バルブ作動特性への切換指令が出される。そして、ステップS54で第2油圧スイッチがオフしたか否か、すなわち第2油圧供給路47の油圧が高圧になったか否かが判別される。第2ソレノイド弁の開弁から開弁への切換時において、ステップS54で第2油圧スイッチがオンからオフになるまでの間は、ステップS48に進み、さらにステップS49ないしステップS52の一連の処理、すなわち高速用のディレイ時間の設定、高速用切換ディレイタイマTHのセット、中速用燃料噴射量マップと中速用点火時期マップの選択、および高速バルブ作動特性フラグF2の「0」へのセットがされて、中速用のマップが引き続き使用される。

【0078】ステップS54で第2油圧スイッチがオフして高圧となったときは、ステップS55で高速用切換ディレイタイマTHがタイムアップしたか否かが判別される。高速用切換ディレイタイマTHがタイムアップしていないときには、ステップS51で中速用燃料噴射量

マップと中速用点火時期マップとが選択され、ステップS52にて高速バルブ作動特性フラグF2が「0」にセットされる。

【0079】ステップS55で高速用切換ディレイタイマTHがタイムアップしたときは、全ての気筒において、両吸気弁11が低速用カム15により駆動される中速バルブ作動特性から両吸気弁11が高速用カム16により駆動される高速バルブ作動特性に切り換わる。そして、ステップS56で中速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS57にて中速用切換ディレイタイマTM2にセットされる。続いて、ステップS58において、電子制御ユニット76のマップ切換手段により高速用燃料噴射量マップと高速用点火時期マップとが選択されて、中速用のマップから高速用のマップに切り換えられる。その後、ステップS59にて高速バルブ作動特性フラグF2が「1」にセットされる。

【0080】ここでも、中速用および高速用ディレイタイマTM2、THにセットされるディレイ時間は、第2油圧供給路47の油圧が変化して全シリンダの第2連結切換機構31が切換動作を完了するまでの時間に合わせて設定されるが、その値は第1連結切換機構30におけるディレイ時間と同様に、後述するディレイ時間設定ルーチンにて設定される。したがって、その時間は、オイルの性状を反映したものとなっており、機関の運転状態が変化するなどして、オイル性状が変化したとしても、このディレイ時間経過後の中速用の両マップと高速用の両マップとの切換えが行われるタイミングは、全ての気筒のバルブ作動特性の切換が完了するタイミングと略一致している。そのため、広範囲の機関運転域に渡って、燃料噴射量と点火時期とがバルブ作動特性に対して適切なものとなり排気エミッションの改善が可能となる。

【0081】なお、ステップS41で故障が発生していると判別されたとき、ステップS43で中速バルブ作動特性フラグF1が「1」にセットされていないとき、およびステップS45で前回高速バルブ作動特性フラグF2が「1」にセットされていないときは、前述のようにステップS42に進み、第2ソレノイドバルブが閉弁されて、その後は、ステップS49で高速用のディレイ時間が設定されて、その時間がステップS50にて高速用切換ディレイタイマTHにセットされ、ステップS51において中速用燃料噴射量マップと中速用点火時期マップとが選択され、ステップS52にて高速バルブ作動特性フラグF2が「0」にセットされる。

【0082】次に、バルブ位相可変機構50の制御態様について、フローチャートを参照しながら説明する。

【0083】図12のフローチャートは、目標カム位相を算出するルーチンを示すもので、このルーチンは設定時間毎に実行される。まず、ステップS61で内燃機関1が始動運転中であるとき、ステップS62で始動後カム位相制御禁止タイマTSが設定時間、例えば5秒にセ

21

ットされ、ステップS63でバルブ位相可変機構作動用ディレイタイマTDが設定時間、例えば0.5秒にセットされ、ステップS64で目標カム位相CMが「0」に設定され、ステップS65でバルブ位相可変機構50の作動を許可するか否かを示すバルブ位相可変機構制御許可フラグFが「0」にセットされて、その作動が禁止される。

【0084】内燃機関1が始動を完了すると、ステップS66で始動後カム位相制御禁止タイマTSがタイムアップするまでは、ステップS63に進み、さらにステップS64およびステップS65に移行して、バルブ位相可変機構50の作動が禁止される。始動後カム位相制御禁止タイマTSがタイムアップして、始動後5秒が経過すると、ステップS67に移行する。ステップS67でバルブ位相可変機構故障フラグFNGが「1」にセットされているか、あるいはステップS68でセンサ等のバルブ位相可変機構50以外のセンサ等の故障が発生していれば、ステップS63ないしステップS65に移行してバルブ位相可変機構50の作動が禁止される。

【0085】両ステップS67、68で故障が発生していなければ、ステップS69で内燃機関1がアイドル運転中であるか否かが判別される。アイドル運転中ときは、例えばスロットル開度センサで検出したスロットル開度が全閉開度であり、かつ回転数センサで検出した機関回転数が700rpm近傍のときは、ステップS63ないしステップS65に移行してバルブ位相可変機構50の作動が禁止される。

【0086】ステップS69でアイドル運転中でなければ、ステップS70で、冷却水温センサで検出した冷却水温TWが下限値TW2、例えば、0°Cおよび上限値TW3、例えば110°Cの間にあるか否かが判別され、さらにステップS71で回転数センサで検出した機関回転数Neが下限値Ne3、例えば、1500rpmより高いか否かが判別され、ステップS69およびステップS70の各条件が不成立であれば、ステップS63ないしステップS65に移行してバルブ位相可変機構50の作動が禁止される。

【0087】ステップS71で機関回転数Neが下限値Ne3より高いと判別されたときは、バルブ位相可変機構50を作動させるべくステップS72に移行する。ステップS72では、吸気負圧と機関回転数をパラメータとして設定した目標カム位相のマップが検索される。ここで、ステップS72で目標カム位相CMを検索する手段が目標位相設定手段である。

【0088】ステップS73で、ステップS72で検索して得た値が目標カム位相CMとされる。ステップS74では、バルブ位相可変機構50が非作動状態から作動状態に移行する際のハンチングを防止すべく、バルブ位相可変機構作動用ディレイタイマTDがタイムアップするのを待った後に、ステップS75でバルブ位相可変機

22

構制御許可フラグFが「1」にセットされて、バルブ位相可変機構50の作動が許可される。

【0089】図13のフローチャートは、バルブ位相可変機構50によりカム位相をフィードバック制御するルーチンを示すもので、このルーチンは設定時間毎に実行される。

【0090】まず、ステップS81でバルブ位相可変機構故障フラグFNGが「1」にセットされておらず、バルブ位相可変機構50が正常であり、かつステップS82でバルブ位相可変機構制御許可フラグFが「1」にセットされていて、バルブ位相可変機構50が作動中であるとき、ステップS83で、目標カム位相算出ルーチンで算出した目標カム位相CMと、吸気カム軸センサ67およびクランク軸センサの出力から算出した実際のカム位相である実カム位相Cとの偏差DMが算出されるとともに、ステップS84で前回のループでの実カム位相C(n-1)および今回のループでの実カム位相C(n)の差分DCが算出される。ここで、吸気カム軸センサ67およびクランク軸センサの出力から実カム位相Cを算出する手段が位相検出手段である。

【0091】続くステップS85でバルブ位相可変機構制御許可フラグFが「0」から「1」に変化していれば、すなわち今回のループでバルブ位相可変機構50の作動が禁止から許可に切り変わった場合には、ステップS86に移行して偏差DMが第1フィードフォワード制御判定値D1、例えばクランク角相当で10°と比較される。その結果、偏差DMが第1フィードフォワード制御判定値D1よりも大きければ、ステップS87でフィードフォワード制御フラグFFFが「1」にセットされ、本来はフィードバック制御すべきバルブ位相可変機構50がフィードフォワード制御される。

【0092】すなわち、ステップS89でバルブ位相可変機構50の今回のループの操作量D(n)が上限値DH1に設定された後、ステップS103でバルブ位相可変機構50のリニアソレノイドバルブ90のデューティ比DOUTが今回操作量D(n)とされる。以後のループでは、前記ステップS85の判別結果がNOになり、かつステップS90の判別結果がYESになるため、再び前記ステップS86で偏差と第1フィードフォワード制御判定値D1との大小が比較され、偏差DMが大きい間はステップS87ないしステップS89を経てステップS103に移行する。

【0093】したがって、バルブ位相可変機構50の制御が開始されたときに目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMが大きければ、その状態が続く間、バルブ位相可変機構の今回操作量D(n)が定数である上限値DH1に設定されることにより、バルブ位相可変機構50はフィードフォワード制御されることになる。このように、偏差DMが大きいために収束性が懸念される間だけフィードフォワード制御を継続することで、応答性お

10

20

30

40

50

よび収束性を両立させることができる。

【0094】前記ステップS86で、制御開始当初から偏差DMが第1フィードフォワード制御判定値D1以下である場合、あるいは上述したフィードフォワード制御中に偏差DMが第1フィードフォワード制御判定値D1以下になった場合、ステップS91でバルブ位相可変機構50のフィードフォワード制御フラグFFFが「0」にセットされて、ステップS92に移行する。ステップS92では前回積分項DI(n-1)が0であれば、ステップS93で前回積分項DI(n-1)を初期値に設定する。

【0095】ステップS94では、偏差DM(目標カム位相CMが実カム位相Cより大きい場合)が第1フィードフォワード制御判定値D1よりも小さい第2フィードフォワード制御判定値D2と比較される。その結果、両者間の偏差DMが大きければ、ステップS95で今回操作量D(n)が上限値DH2に設定された後、ステップS103でリニアソレノイドバルブ90のデューティ比DOUTが今回操作量D(n)とされる。

【0096】同様に、ステップS96で偏差DM(目標カム位相CMが実カム位相Cより小さい場合)が、第1フィードフォワード制御判定値D1よりも絶対値が小さい第3フィードフォワード制御判定値D3と比較される。その結果、両者間の偏差DMが大きければ、ステップS97で今回操作量D(n)が下限値DL2に設定された後、ステップS103でリニアソレノイドバルブ90のデューティ比DOUTが今回操作量D(n)とされる。

【0097】このように、前記ステップS86で偏差DMが第1フィードフォワード制御判定値D1以下になった後も、ステップS94、S96で偏差DMが第2および第3フィードフォワード制御判定値D2、D3以下になるまでは、今回操作量D(n)を上限値DH1から上限値DH2あるいは下限値DL2に持ち換えてフィードフォワード制御を続行することにより、応答性および収束性の両立を図ることができる。

【0098】そして、上述したフィードフォワード制御により偏差DMの絶対値が充分に小さくなってステップS94、S96が共に不成立になると、PIDフィードバック制御を行うべく、ステップS98で比例項ゲインKP、積分項ゲインKIおよび微分項ゲインKVが算出された後、ステップS99で比例項DP、積分項DIおよび微分項DVがそれぞれ次式で算出される。

$$DP = KP * DM$$

$$DI = KI * DM + DI(n-1)$$

$$DV = KV * DC$$

そして、ステップS100でPIDフィードバック制御の今回操作量D(n)が、比例項DP、積分項DIおよび微分項DVの和として算出される。

【0099】続いて、ステップS101、S102で、

今回操作量D(n)のリミット処理が実行される。すなわち、ステップS101で今回操作量D(n)が上限値DH3を越えていれば、ステップS95で上限値DH2が今回操作量D(n)とされ、またステップS102で今回操作量D(n)が下限値DL3未満であれば、ステップS97で下限値DL2が今回操作量D(n)とされる。そして、ステップS103で操作量D(n)がリニアソレノイドバルブ90のデューティ比DOUTとして、目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMを0に収束させるべく、バルブ位相可変機構がフィードバック制御される。

【0100】ところで、ステップS81でバルブ位相可変機構50が故障中であってバルブ位相可変機構故障フラグFNGが「1」にセットされているとき、ステップS104を経てステップS105で、今回操作量C(n)の値が、例えばリニアソレノイドバルブ90のデューティ比50%に相当する故障復帰設定値DTに設定され、続くステップS106で故障復帰タイマTNGがセットされる。次のループから故障復帰タイマTNGがタイムアップするまでの間、ステップS104の判別結果がNOとなり、ステップS107で今回操作量C(n)が「0」に設定される。

【0101】このような制御により、バルブ位相可変機構50が故障した場合に、バルブ位相可変機構50を最も遅角した状態にした上で、リニアソレノイドバルブ90が設定時間内に直ちに流入ポート91aと進角ポート91bとを連通させて、バルブ位相可変機構50を進角側に作動させることができる。その結果、ゴミの噛み込みによる故障が発生した場合や、油圧回路の脈動等によって瞬間的に故障判断がなされた場合に、バルブ位相可変機構50あるいはリニアソレノイドバルブ90を自動的に正常状態に復帰させることができる。

【0102】また、ステップS82でバルブ位相可変機構制御許可フラグFが「0」にセットされていて、バルブ位相可変機構50の作動が禁止されているときは、ステップS108でバルブ位相可変機構フィードフォワード制御フラグFFFが「0」にセットされ、さらにステップS109でバルブ位相可変機構50の今回操作量D(n)が下限値DL1に設定された後、ステップS103でバルブ位相可変機構50のリニアソレノイドバルブ90のデューティ比DOUTが今回操作量D(n)とされる。

【0103】図14のフローチャートは、図10に示される第1連結切換機構30によるバルブ作動特性と、燃料噴射量および点火時期の両マップの切換ルーチンのフローチャートにおいて、低速用および中速用の各切換ディレイタイマTL、TM1にセットされるディレイ時間を設定するために、各ステップS25、S32でなされるディレイ時間設定ルーチンのフローチャートを示している。

【0104】ここでは、バルブ位相可変機構50によるカム位相のフィードバック制御において算出される前回の実カム位相 $C(n-1)$ と今回の実カム位相 $C(n)$ との差分 DC 、すなわち実カム位相 C の変化速度、およびリニアソレノイドバルブ90のスプール9.2を中立位置に保持するためのデューティ制御される電流量のデューティ比を利用して、作動油であるオイルの性状を検出し、検出されたオイル性状に基づいてディレイ時間を設定している。

【0105】まず、ステップS111で冷却水温センサからの検出信号に基づいて、冷却水温 TW が暖機判別温度より高い設定値 $TW4$ （例えば、 $80^{\circ}C$ ）より低いか否かを判別する。冷却水温 TW がこの設定値 $TW4$ より低いときは、油温は内燃機関1の状態により様々な値をとり得るため、オイルの粘度に代表されるオイル性状も様々である。そこで、オイルの性状に依存するバルブ特性切換機構13の作動応答性、すなわち切換作動にかかる時間を正確に評価するために、オイルの粘度を含めたオイルの性状を知ることが必要となる。一方、冷却水温 TW がこの設定値 $TW4$ 以上であるときは、油温の変化によるバルブ特性切換機構13の作動応答性に大きな変化は生じないため、ステップS111で冷却水温 TW が設定値 $TW4$ 以上と判別された場合は、ステップS112に進み、ディレイ時間を設定値（固定値）、例えば0.2秒に設定する。

【0106】冷却水温 TW が設定値 $TW4$ より低いときは、ステップS113において、回転数センサからの検出信号に基づいて、機関回転数 Ne がバルブ特性切換機構13によるバルブ作動特性の切換回転数を含んだ設定下限値 $Ne5$ および上限値 $Ne6$ の範囲内、例えば1000～3000rpmの範囲内か否かを判別する。機関回転数がこの範囲外であるときは、ステップS112においてディレイ時間を設定値とする。

【0107】ステップS113で機関回転数 Ne が設定範囲内と判別されると、ステップS114で今回の目標カム位相 $CM(n)$ が前回の目標カム位相 $CM(n-1)$ から変化しているか否かを判別し、変化している場合は、ステップS115で第1タイマ $T1$ が設定時間、例えば1ないし2秒の間の所定時間経過してタイムアップしたか否かを判別し、タイムアップしたときは、ステップS116で第1タイマ $T1$ に設定時間をセットした後、ステップS112に進む。

【0108】ステップS115で第1タイマ $T1$ がタイムアップしていないと判別されると、ステップS117において、図13のフィードバック制御ルーチンのフローチャートのステップS84で求めた前回の実カム位相 $C(n-1)$ と今回の実カム位相 $C(n)$ との差分 DC に基づいて、図16に示されるディレイ時間と差分 DC との関係を表したマップを参照してディレイ時間を求める。ここで、ステップS84で前回の実カム位相 $C(n-1)$

と今回の実カム位相 $C(n)$ との差分 DC を求める手段は、位相の変化速度を算出する位相変化速度算出手段であり、作動油性状検出手段を構成している。また、ステップS117でディレイ時間を求める手段がディレイ時間設定手段である。なお、このマップは前記の各ステップS25、S32で使用されるものが2種類ずつ用意され、電子制御ユニット76のメモリに記憶されている。

【0109】前回の実カム位相 $C(n-1)$ と今回の実カム位相 $C(n)$ との差分 DC からオイルの性状が検出できるのは、カム位相を変更する装置であるバルブ位相可変機構50がオイルの油圧により作動されるものであり、その挙動はオイルの粘度等のオイル性状に依存しているためである。

【0110】すなわち、バルブ位相可変機構50では、リニアソレノイドバルブ90により制御されたオイルを、バルブ位相可変機構50の進角室6.1および遅角室6.2に供給して吸気カム軸6を回動させている。したがって、リニアソレノイドバルブ90が進角ポート91bおよび遅角ポート91cの開口面積の制御を開始してから、オイルが油路を経て進角室6.1または遅角室6.2に流入した後、進角室6.1と遅角室6.2との油圧差により吸気カム軸6が回動を開始して回動を終了するまでのバルブ位相可変機構50の状態変化は、オイルの粘度を代表とするオイル性状（油温もオイル性状を示す一つの指標であるが、これも結局オイルの粘度と関連している）に依存したものとなることは明らかである。それゆえ、バルブ位相可変機構50の挙動に基づいてオイルの性状を検出できるのである。そして、ここでは、オイルが進角室6.1または遅角室6.2に流入してからのバルブ位相可変機構50の挙動を反映している吸気カム軸6の回動状況からオイル性状を検出するようにした。

【0111】この設定時間は、目標カム位相 CM に対する実際のカム位相 C の追従性（この追従性は、前述の説明からオイル性状を反映したものとなることは明らかである）を考慮して決められるものであり、目標カム位相 CM が変化した直後からしばらくの間のバルブ位相可変機構50の動きは、リニアソレノイドバルブ90の進角ポート91bまたは遅角ポート91cが全開しているため、オイルの性状をより正確に反映したものとなるためである。この設定時間が経過した後では、バルブ位相可変機構50の作動応答性から判断して、実際のカム位相が目標カム位相 CM の近傍にある可能性が大きいため、リニアソレノイドバルブ90のスプール9.2がその進角ポート91bおよび遅角ポート91cを閉塞する中立位置に近づきつつある状態にあり、実カム位相 C の変化はオイル性状を正確に反映したものとならないためである。そのため、このときは実カム位相 C の変化からのディレイ時間の設定を行わないことにした。

【0112】ステップS114で目標カム位相が変化し

ていないと判別されたときは、ステップS118で目標カム位相CMと実カム位相Cとの差の絶対値がクランク角相対で2°以内にあるか否か、すなわち実カム位相Cが目標カム位相CMに収束しているか否かが判別される。ステップS118で収束していると判別されると、ステップS119で第2タイマT2が設定時間、例えば0.5秒経過してタイムアップしたか否かが判別され、タイムアップしていないときはステップS112に進む。この設定時間は、実カム位相Cが目標カム位相CMの近傍から目標カム位相CMに一致して、リニアソレノイドバルブ90のスプール92が中立位置に達するまでの待ち時間である。

【0113】ステップS119で第2タイマT2がタイムアップしたと判別されたときは、カム位相、すなわち吸気弁11の位相が目標カム位相CMになって一定になっていると判断し、ステップS120で第2タイマT2に設定時間をセットした後、ステップS121でスプール92が中立位置にあるときのリニアソレノイドバルブ90のデューティ比に基づいて、図17に示されるディレイ時間とデューティ比との関係を表したマップを参照してディレイ時間を求める。ここで、電子制御ユニット76の弁作動制御手段において、リニアソレノイドバルブ90のスプール92を中立位置に保持する電流量のデューティ比を決定する手段が作動油性状検出手段である。また、ステップS121でディレイ時間を求める手段がディレイ時間設定手段である。このマップも、図16に示されるディレイ時間と差分DCとの関係を表したマップと同様に、前記の各ステップS25、S32で使用されるものが2種類ずつ用意され、電子制御ユニット76のメモリに記憶されている。

【0114】スプール92がカム位相を一定に保持する中立位置にあるときのリニアソレノイドバルブ90のデューティ比によりオイル性状を検出できるのは、リニアソレノイドバルブ90のコイル部分が雰囲気温度の影響を受け、その抵抗値が変化するためである。すなわち、リニアソレノイドバルブ90は、暖機後の状態において、スプール92が中立位置を占めるときの電流量が50%のデューティ比となるように設定されているが、暖機時はリニアソレノイドバルブ90のコイル温度も低温になっていてその抵抗値が暖機後の値より小さくなっているため、リニアソレノイドバルブ90に対する電流が流れ易い状況にある。このように電流が流れ易いとき、バッテリー電圧が暖機時および暖機後において一定である状態では、スプール92の中立位置を保持するための電流量は同じであるが、そのデューティ比は、暖機後のデューティ比より小さくてよく、コイル温度が低いほど小さくなる。一方、前述のように、暖機時は油温も低いためにオイルの性状である粘度が、暖機後のオイルの粘度より大きくなっており、この粘度は油温が低いほど大きくなる。したがって、スプール92が中立位置を占める

ときの、すなわちカム位相が一定に保持されているときのリニアソレノイドバルブ90のデューティ比によりオイル性状であるその粘度が検出できるのである。

【0115】ステップS118で実カム位相Cが目標カム位相CMに収束していないと判別されたときは、ステップS122で第3タイマT3が設定時間、例えば1ないし2秒の間の所定時間経過してタイムアップしたと判別されたときは、ステップS123で第3タイマT3に設定時間をセットした後、ステップS112に進む。

【0116】ステップS122で第3タイマT3がタイムアップしていないと判別されたときは、ステップS117に進み、差分DCに基づいてディレイ時間を求める。なお、この第3タイマT3の設定時間は、第1タイマT1にセットされる設定時間と同じ意味を有するものである。

【0117】なお、図11に示される第2連結切換機構31によるバルブ作動特性と、燃料噴射量および点火時期の両マップの切換ルーチンのフローチャートにおいても、中速用および高速用の各切換ディレイタイマTM2、THにセットされるディレイ時間を設定するために、各ステップS49、S56でなされるディレイ時間設定ルーチンとして、前述の第1連結切換機構30のディレイ時間を設定するルーチンのフローチャートのステップS113の機関回転数Neの設定範囲を、下限値Ne5を4000rpmに、そして上限値Ne6を6000rpmにそれぞれ変更して、その他のステップを同一としたルーチンが使用される。

【0118】なお、これら吸気弁11側のバルブ特性切換機構13のディレイ時間を設定するルーチンと同様のルーチンが、排気弁12側のバルブ特性切換機構13のディレイ時間を設定する場合に使用される。

【0119】この実施形態は、前記のように構成されているので、以下の効果を奏する。バルブ特性切換機構13により切り換えられる低速、中速および高速のバルブ作動特性にそれぞれ対応する燃料噴射量マップと点火時期マップの切換タイミングを決めるディレイ時間は、バルブ特性切換機構13を作動させるオイルの性状、特にその粘度を反映したものとなっていて、結果としてオイル性状に依存するバルブ作動特性の切換作動の応答性を考慮した値となっている。したがって、機関の運転状態が変化するなどして、オイル性状が変化したとしても、このディレイ時間経過後の燃料噴射量マップおよび点火時期マップの切換えが行われるタイミングは、全ての気筒のバルブ作動特性の切換が完了するタイミングと略一致している。そのため、広範囲の機関運転域に渡って、燃料噴射量と点火時期とがバルブ作動特性に対して適切なものとなり、排気エミッションの改善が可能となる。

【0120】しかも、ここではオイル性状に影響を与える要因として、機関の運転状態に基づく要因（例えば油温）以外に、オイルの種類、オイルの経年変化等のもの

があるが、これらの要因を全て取り込んだ結果としてのオイル性状に基づいてディレイ時間が設定できるので、例えば、油温センサで検出したオイル性状を利用する場合に比べて、より正確なディレイ時間を設定でき、したがって、燃料噴射量および点火時期の両マップのより正確な切換タイミングの設定ができる。

【0121】オイル性状は、オイルの油圧で作動されるバルブ位相可変機構50の挙動に基づいて、すなわちバルブ位相可変機構50の動作に依存する実カム位相Cの変化から算出される目標カム位相CMと実カム位相Cの偏差DM、または実カム位相Cの差分DC（変化速度）に基づいて検出できるので、オイル性状を直接検出する検出手段、例えば油温センサは不要であり、コストを削減できる。

【0122】また、実カム位相Cの差分DCを利用して、位相が大きく変化した場合や連続的に変化している場合にも作動油性状の検出が可能であることから、広範囲の機関運転域において作動油性状を逐次検出することができる。

【0123】ディレイ時間を設定する際に利用する実カム位相Cの差分DCおよび目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMは、カム位相を目標カム位相CMにフィードバック制御する過程で得られるデータを利用できるため、カム位相の変化から作動油性状を検出するために、実カム位相Cの差分DCや目標カム位相MMと実カム位相Cとの偏差DMを求めるための独自の装置は不要である。

【0124】バルブ位相可変機構50へ供給されるオイルの油圧を制御するリニアソレノイドバルブ90の挙動に基づいて、すなわちスプール92がカム位相を一定に保持する中立位置にあるときのリニアソレノイドバルブ90へのデューティ制御される電流量のデューティ比に基づいてオイル性状を検出できるので、カム位相が変化していない機関運転域であってもオイル性状に対応したディレイ時間を設定することができる。

【0125】次に、本出願発明の別の実施形態として、低速用、中速用および高速用の各切換ディレイタイムTL、TM1、TM2、THにセットされるディレイ時間を設定するために各ステップS25、S32、S49、56でなされるディレイ時間設定ルーチンのみが相違し、他の構成は前記実施形態と同じにしたものについて、図15および図18を参照して説明する。

【0126】このルーチンでは、低速用および中速用の各ディレイタイムTL、TM1にセットされるディレイ時間をバルブ位相可変機構50によるカム位相のフィードバック制御において算出される目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DM、およびリニアソレノイドバルブ90のスプール92を中立位置に保持するためのデューティ制御される電流量のデューティ比を利用して、作動油であるオイルの性状を検出し、検出されたオイル性

状に基づいて低速用および中速用のディレイ時間を設定している。

【0127】図15のフローチャートにおいて、両ステップS131、S133は図14のフローチャートの両ステップS111、S112と同じであるので説明を省略する。ただし、両ステップS131、S133での判別結果がNOである場合は、ステップS132に進み、ディレイ時間を設定値（固定値）、例えば0.2秒に設定する。

【0128】ステップS112で機関回転数Neが設定範囲内と判別されると、ステップS134で今回の目標カム位相CM(n)が前回の目標カム位相CM(n-1)から変化しているか否かを判別し、変化している場合は、ステップS135で目標カム位相CMの変化量が設定値αより小さいか否かが判別される。このステップS135の意味は、目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMによりオイルの性状を検出する場合は、目標カム位相CMの変化の仕方は様々であるため、可能な限り同じ条件の下での偏差DMを利用しなければならないからであり、この設定値αはこの事情を考慮して実験等により適宜決定されるものである。

【0129】ステップS135で目標カム位相CMの変化量が設定値α以上の場合は、上述の理由により正確なオイル性状の検出が困難であるため、ステップS132に進み、ディレイ時間を設定値（固定値）、例えば0.2秒に設定する。

【0130】ステップS135で目標カム位相CMの変化量が設定値αより小さい場合は、ステップS136で第4タイマT4がタイムアップしたか否かが判別され、タイムアップしたときはステップS137で第4タイマT4に設定時間をセットした後、ステップS138に進む。ステップS138で第5タイマT5がタイムアップしていないときは、ステップS139で、図13のフィードバック制御ルーチンのフローチャートのステップS83で求めた目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMに基づいて、図18に示されるディレイ時間と偏差DMとの関係を表したマップを参照してディレイ時間を求める。ここで、ステップS83で目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMを求める手段が作動油性状検出手段である。また、ステップS139でディレイ時間を求める手段がディレイ時間設定手段である。なお、このマップは前記の各ステップS25、S32で使用されるものが2種類ずつ用意され、電子制御ユニット76のメモリに記憶されている。

【0131】目標カム位相CMと実カム位相Cとの偏差DMからオイルの性状が検出できるのは、前述の前回実カム位相C(n-1)と今回実カム位相C(n)との差分DCからオイル性状を検出できるのと同じ理由であり、カム位相を変更する装置であるバルブ位相可変機構50がオイルの油圧により作動されるものであり、その

挙動はオイルの粘度等のオイル性状に依存しているためである。

【0132】ステップS136およびステップS138の意味は、ステップS135と同じであり、前述のように目標カム位相CMの変化の仕方は様々であるため、目標カム位相CMの小さい変化が生じているときに、特定の時期の偏差DMを利用しなければ、正確なオイル性状が検出できないためである。

【0133】ステップS136で第4タイマT4がタイムアップしていないとき、およびステップS138で第5タイマT5がタイムアップしたと判別されてステップS140にて第5タイマT5に設定時間がセットされた後は、ステップS2に進む。なお、第4タイマT4および第4タイマT5にセットされる設定時間は、正確なオイル性状検出の観点から適宜設定される。

【0134】ステップS134で目標カム位相CMが変化していないと判別されたときは、ステップS141で実カム位相Cと目標カム位相CMとの偏差DMの絶対値がクランク角相当で2°以内にあるか否か、すなわち実カム位相Cが目標カム位相CMに収束しているか否かが判別される。ステップS141で収束していると判別されると、ステップS142で第6タイマT6が設定時間、例えば0.5秒経過してタイムアップしたか否かが判別され、タイムアップしていないときはステップS132に進む。この設定時間は、実カム位相Cが目標カム位相CMの近傍から目標カム位相CMに一致して、リニアソレノイドバルブ90のスプール92が中立位置に達するまでの待ち時間である。

【0135】ステップS142で第6タイマT6がタイムアップしたと判別されたときは、カム位相、すなわち吸気弁11の位相が目標カム位相CMになって一定になっていると判断し、ステップS143で第6タイマT6に設定時間をセットした後、ステップS144でスプール92が中立位置にあるときのリニアソレノイドバルブ90のデューティ比に基づいて、図17に示されるディレイ時間とデューティ比との関係を表したマップを参照してディレイ時間を求める。このステップS144でディレイ時間を求める手段がディレイ時間設定手段である。なお、このマップも、前記の各ステップS25、S32で使用されるものが2種類ずつ用意され、電子制御ユニット76のメモリに記憶されている。

【0136】ステップS141で実カム位相Cが目標カム位相CMに収束していないと判別されたときは、ステップS145で第7タイマT7がタイムアップしたか否かが判別され、タイムアップしたときはステップS146で第7タイマT7に設定時間をセットした後、ステップS147に進む。ステップS147で第8タイマT8がタイムアップしていないときは、ステップS139に進み、偏差DMに基づいてディレイ時間を求める。なお、両ステップS145、S147の意味は、両ステッ

ブS136、S138と同じである。また、第7タイマT7および第8タイマT8にセットされる設定時間は、正確なオイル性状検出の観点から適宜設定される。

【0137】ステップS145で第6タイマT7がタイムアップしていないとき、およびステップS147で第8タイマT8がタイムアップしたと判別されてステップS148にて第8タイマT8に設定時間がセットされた後は、ステップS132に進む。

【0138】なお、図11に示される第2連結切換機構31によるバルブ作動特性と、燃料噴射量および点火時期の両マップの切換ルーチンのフローチャートにおいても、各切換ディレイタイマTM2、THにセットされるディレイ時間を設定するために、各ステップS49、S56でなされるディレイ時間設定ルーチンとして、前述の第1連結切換機構30のディレイ時間を設定するルーチンのフローチャートのステップS133の機関回転数Neの設定範囲を、下限値Ne5を4000rpmに、そして上限値Ne6を6000rpmにそれぞれ変更して、その他のステップを同一としたルーチンが使用される。

【0139】なお、これら吸気弁11側のバルブ特性切換機構13のディレイ時間を設定するルーチンと同様のルーチンが、排気弁12側のバルブ特性切換機構13のディレイ時間を設定する場合に使用される。

【0140】この別の実施形態においても、先の実施形態の効果と同様の効果が奏される。

【0141】なお、前記両実施形態では、油圧切換弁は、パイロット油路86を開閉するソレノイド弁85およびパイロット圧により駆動されるスプール83を備えた油圧応動バルブ80、81から構成されていたが、ソレノイド弁85およびパイロット油路86を使用することなく、スプール83をソレノイドにより駆動するものであってもよく、その場合は油圧スイッチ88を省略できる。

【0142】前記両実施形態では、機関の低速回転時に一方の吸気弁11が実質的に休止閉弁されるものであったが、その吸気弁11を休止させることなく、小リフト量および小開弁期間で開閉駆動されるように、隆起部17を低速用カムとしてもよい。そして、この場合の低速用カムのリフト量および開弁期間は、低速用カム15と同じであってもよく、また異なってもよい。

【0143】前記両実施形態では、バルブ位相可変機構50は吸気カム軸6に設けられていたが、吸気カム軸6の代わりに排気カム軸7にバルブ位相可変機構50が設けられるものであってもよい。また、動弁機構は、吸気カム軸6および排気カム軸7の2本のカム軸を備えたものでなく、吸気カムおよび排気カムが設けられた1本のカム軸を備えたものであってもよい。

【0144】前記両実施形態では、バルブ位相可変機構50およびリニアソレノイドバルブ90の挙動からオイ

10

20

30

40

50

ル性状を検出したが、油温やオイルの粘度等、オイル性
状を直接検出するセンサを使用して、その検出結果に基
づいてディレイ時間を設定することもできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本出願発明が適用される内燃機関の全体図であ
る。

【図2】図1のII方向矢視図である。

【図3】図2のIII-III線断面図である。

【図4】図3のIV-IV線断面図である。

【図5】図3のV-V線断面図である。

【図6】図2のVI-VI線断面図である。

【図7】バルブ特性切換機構およびバルブ位相可変機構
の油圧回路図である。

【図8】油圧応動バルブの断面図である。

【図9】リニアソレノイドバルブの断面図である。

【図10】バルブ特性切換機構による低速回転時および
中速回転時のバルブ作動特性およびマップの切換ルーチ
ンのフローチャートである。

【図11】バルブ特性切換機構による中速回転時および
高速回転時のバルブ作動特性およびマップの切換ルーチ
ンのフローチャートである。

【図12】目標カム位相算出ルーチンのフローチャート
である。

【図13】バルブ位相可変機構のフィードバック制御ル
ーチンのフローチャートである。

【図14】ディレイ時間設定ルーチンのフローチャート
である。

【図15】別のディレイ時間設定ルーチンのフローチャ
ートである。

【図16】ディレイ時間と実カム位相の差分との関係を
示すマップである。

【図17】ディレイ時間と中立位置にあるリニアソレノ
イドバルブへの電流量のデューティ比との関係を示すマ

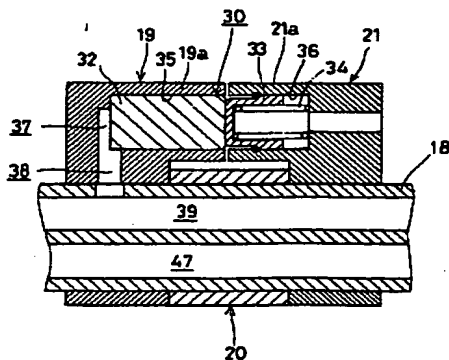
* ップである。

【図18】ディレイ時間と目標カム位相に対する実カム
位相の偏差との関係を示すマップである。図である。

【符号の説明】

1…内燃機関、2…ピストン、3…コネクティングロッ
ド、4…クランク軸、5…ドライブスプロケット、6…
吸気カム軸、7…排気カム軸、8、9…カムスプロケッ
ト、10…タイミングチェーン、11…吸気弁、12…
排気弁、13…バルブ特性切換機構、15…低速用カ
ム、16…高速用カム、17…隆起部、18…ロッカー
シャフト、19、20、21…ロッカーアーム、22…
バルブステム、23…銅部、24…シリンダヘッド、2
5…バルブスプリング、26…タペットねじ、27、2
8、29…ローラ、30、31…連結切換機構、32…
連結ピストン、33…規制部材、34…戻しばね、3
5、36…ガイド穴、37…油圧室、38…連通路、3
9…油圧供給路、41…連結ピストン、42…連結ピン、
43…規制部材、44…戻しばね、45…油圧室、
46…連通路、50…バルブ位相可変機構、51…ボス
部材、52…ピン、53…ボルト、54…ハウジング、
55…プレート、56…ボルト、57…ロックピン、5
8…スプリング、59、60…シール部材、61…進角
室、62…遅角室、63…進角用油路、64…遅角用油
路、65、66…油路、67…吸気カム軸センサ、68
…排気カム軸センサ、69…クランク軸センサ、70…
オイルポンプ、71…オイルパン、72、73、74、
75…油路、76…電子制御ユニット、80、81…油
圧応動バルブ、82…ハウジング、83…スプール、8
4…スプリング、85…ソレノイド弁、86…パイロ
ット油路、87…オイルフィルタ、88…油圧スイッチ、
90…リニアソレノイドバルブ、91…スリーブ、92
…スプール、93…デューティソレノイド、94…ス
プリング。

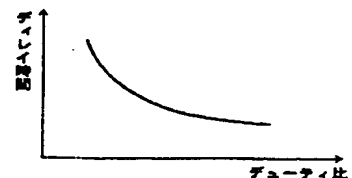
【図4】



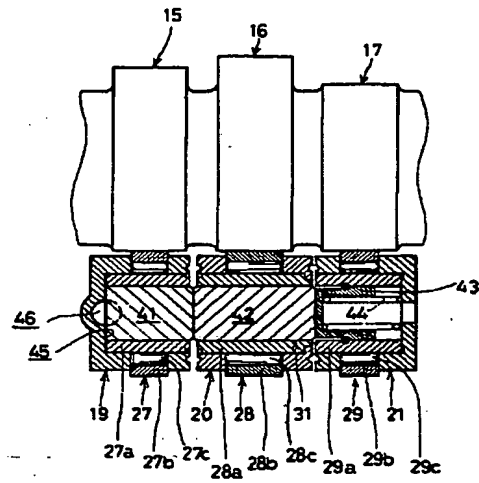
【図16】



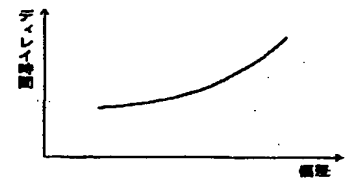
【図17】



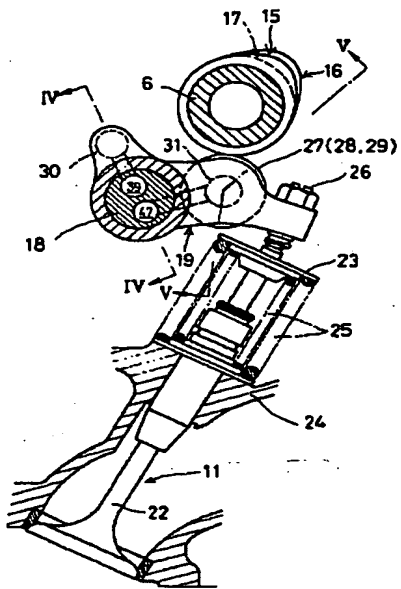
【图5】



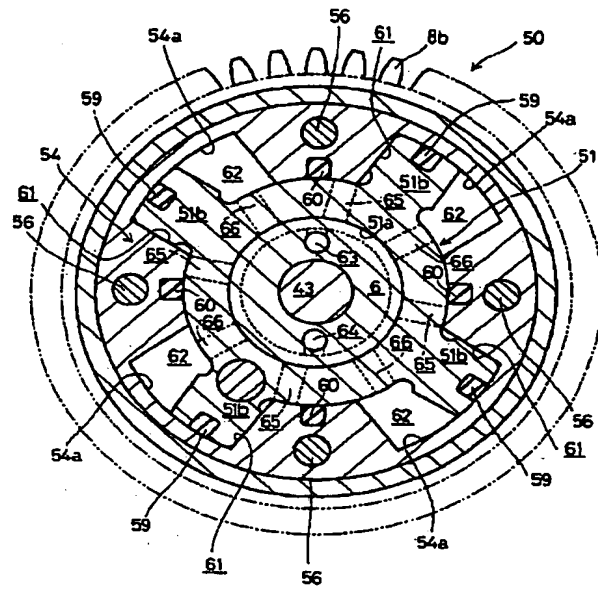
【圖 18】



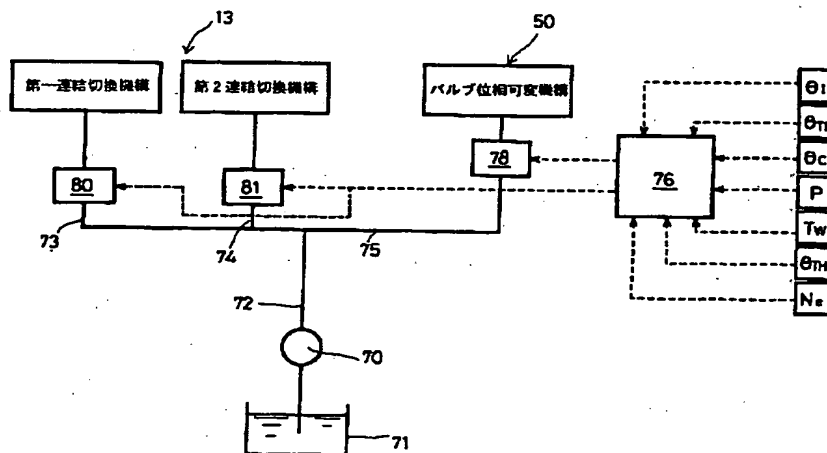
【図3】



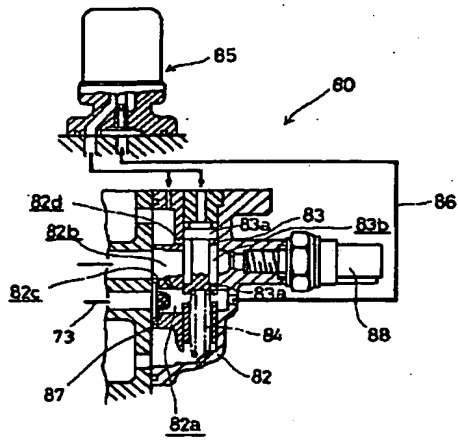
【図6】



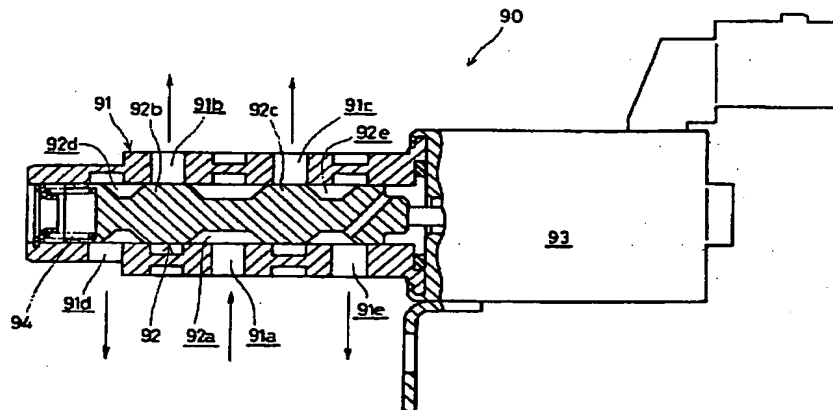
【図7】



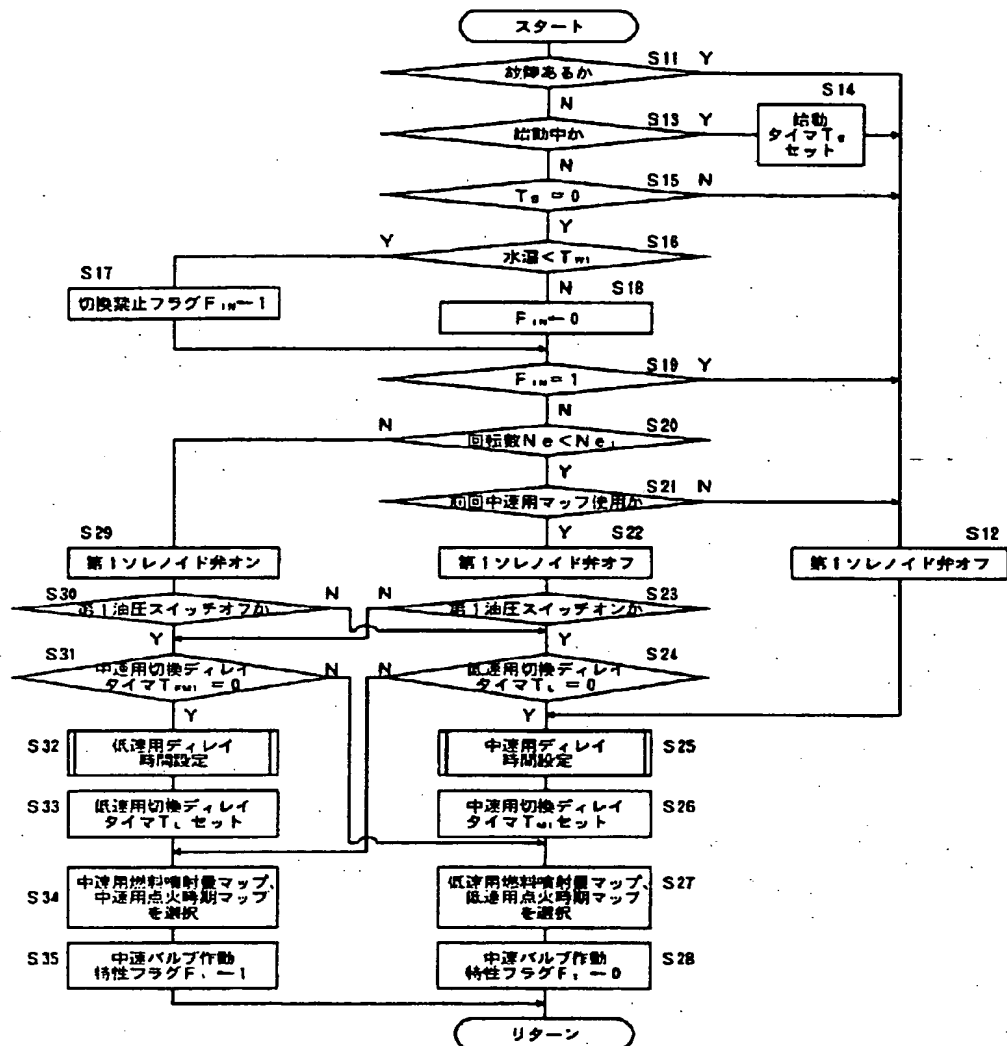
【図8】



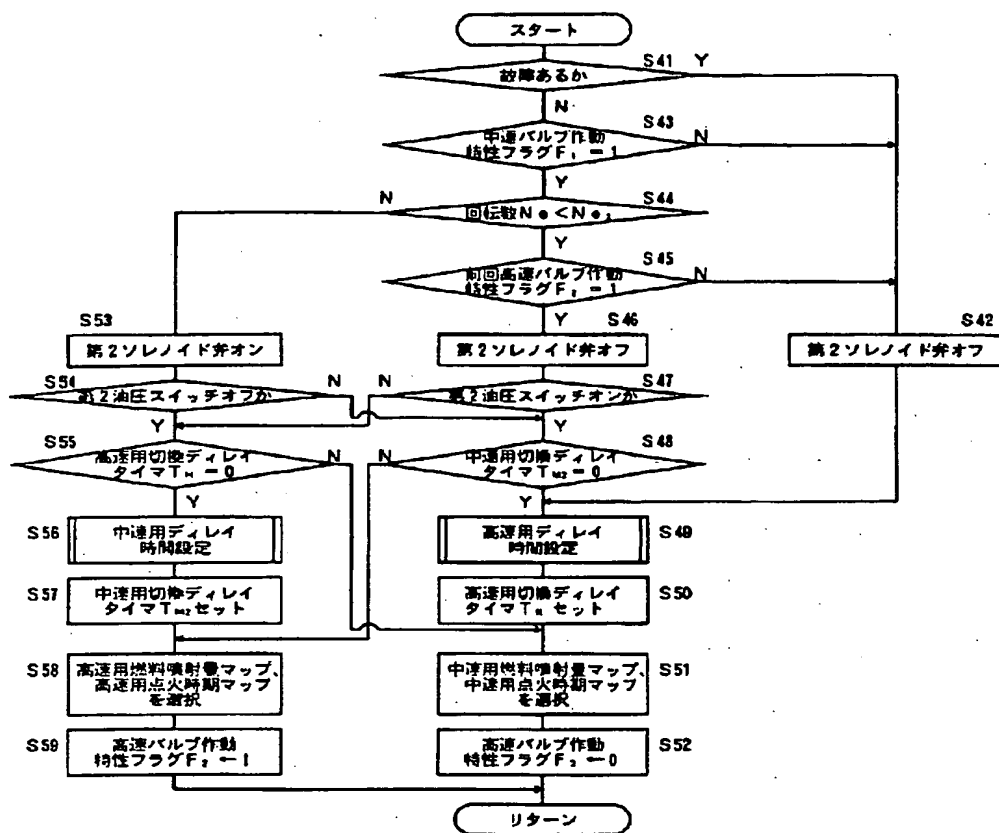
【図9】



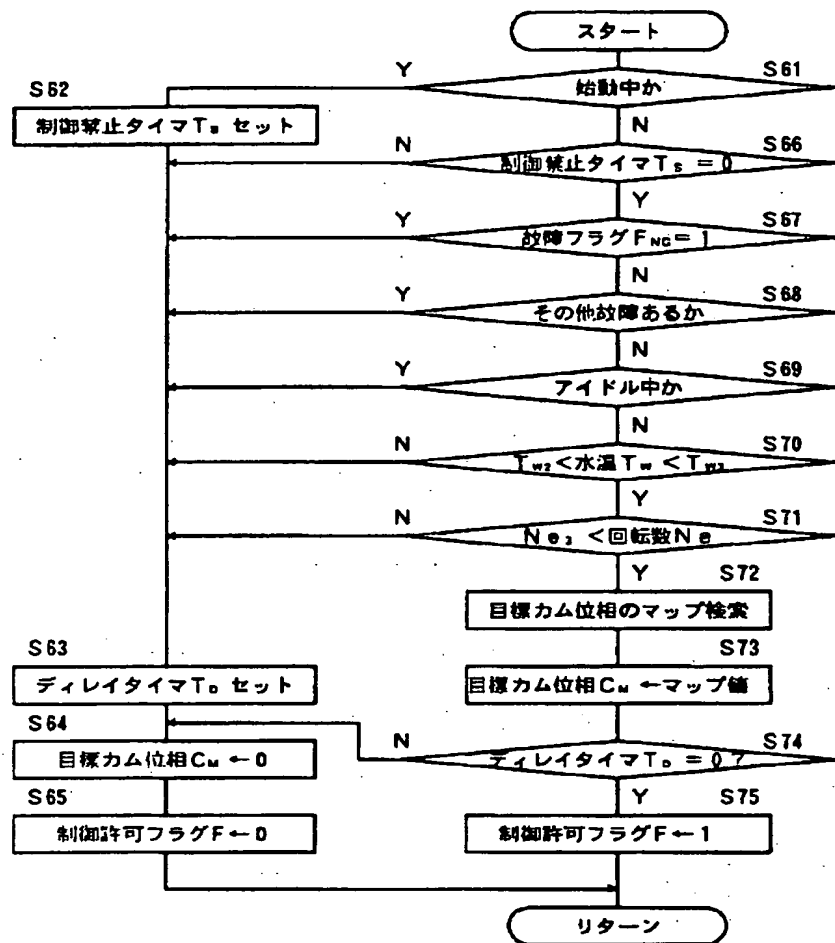
【図10】



【図11】



【図12】

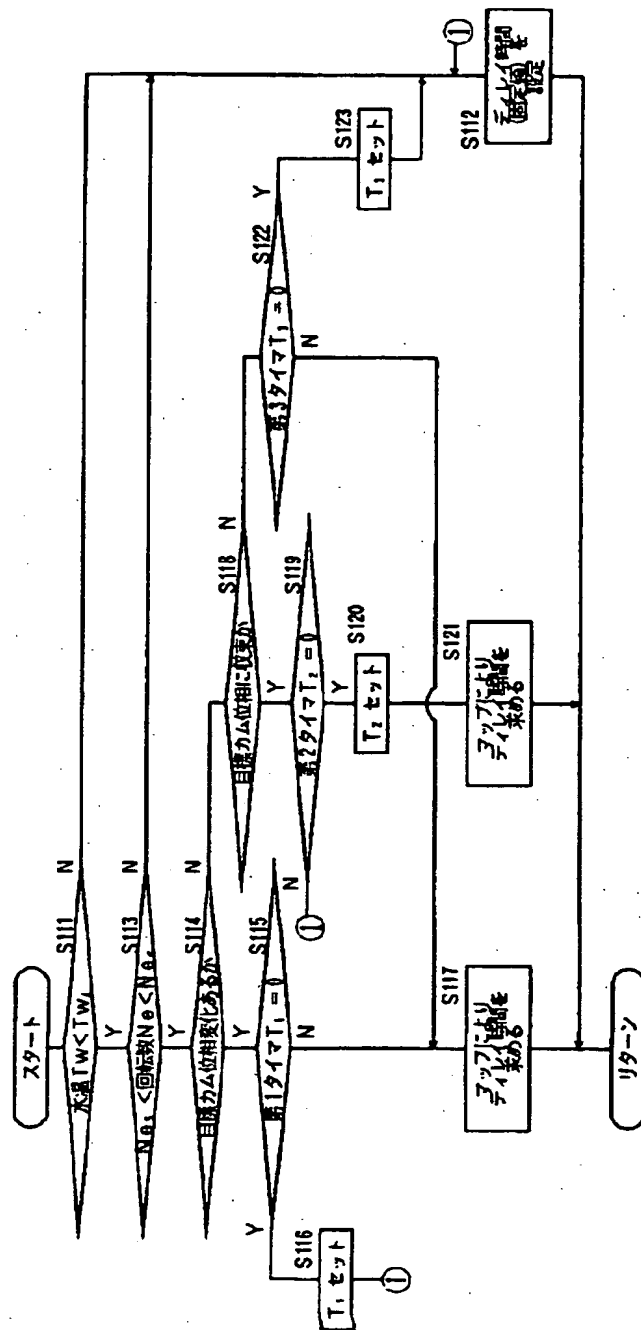


```

graph TD
    Start([スタート]) --> S81{故障フラグF00=0}
    S81 -- Y --> S82{制御許可フラグF01=0}
    S82 -- N --> S103[プルーイ比D00 ← D(n)]
    S82 -- Y --> S83[直進D0 ← 目標カム位相C0 - 実カム位相C]
    S83 --> S84[差分D0 ← 前回実カム位相C(n-1) - 今回実カム位相C(n)]
    S84 --> S85{Fが0から1に変化}
    S85 -- Y --> S86{直進D0 > 判定値D0}
    S85 -- N --> S89{フィードフォワードフラグF02=0}
    S86 -- Y --> S87[F00 ← 1]
    S86 -- N --> S89
    S87 --> S88[D(n-1) ← 0]
    S88 --> S89[D(n) ← 上限値D0u]
    S89 --> S104{経過タイムT00=0}
    S104 -- Y --> S105[D(n) ← 設定値D0]
    S104 -- N --> S107[D(n) ← 0]
    S105 --> S106[T00 セット]
    S106 --> S104
    S89 --> S90{直進D0 > 判定値D0}
    S90 -- Y --> S91[直進D0 > 判定値D0]
    S90 -- N --> S92{前回積分分D0(n-1)=0}
    S91 --> S92
    S92 -- Y --> S93[D0(n-1) ← 初期値]
    S92 -- N --> S94{直進D0 > 判定値D0}
    S93 --> S94
    S94 -- Y --> S95[直進D0 > 判定値D0]
    S94 -- N --> S96[比例項D0 ← Kp × D0  
積分項D0 ← Ki × D0 + D0(n-1)  
微分項D0 ← Kd × D0]
    S95 --> S96
    S96 --> S97[D0(n-1) ← 0]
    S97 --> S98[操作量D(n) ← D0 + D0 + D0]
    S98 --> S101{D(n) > 上限値D0u}
    S101 -- Y --> S95[D(n) ← 上限値D0u]
    S101 -- N --> S102{D(n) < 下限値D0l}
    S102 -- Y --> S97[D(n) ← 上限値D0u]
    S102 -- N --> S103
    S103 --> S103
    S103 --> End([Uターン])

```

【圖 14】



The flowchart for the first cycle (S131 to S148) is as follows:

- S131**: Decision diamond $Tw < Tw_1$.
 - If **Y** (Yes), proceed to **S133**.
 - If **N** (No), proceed to **S132**.
- S133**: Decision diamond $Na_c < \text{回転数} Ne < Ne_r$.
 - If **Y** (Yes), proceed to **S134**.
 - If **N** (No), proceed to **S132**.
- S134**: Decision diamond "目標カム位相変化があるか" (Is there a target cam phase change?).
 - If **Y** (Yes), proceed to **S135**.
 - If **N** (No), proceed to **S141**.
- S135**: Decision diamond "変化量 < a" (Change amount < a).
 - If **Y** (Yes), proceed to **S136**.
 - If **N** (No), proceed to **S142**.
- S136**: Decision diamond "第4タイマT₄ = 0".
 - If **Y** (Yes), proceed to **S137**.
 - If **N** (No), proceed to **S140**.
- S137**: Process box "T₄ セット" (Set T₄). Proceed to **S138**.
- S138**: Decision diamond "第5タイマT₅ = 0".
 - If **Y** (Yes), proceed to **S140**.
 - If **N** (No), proceed to **S139**.
- S140**: Process box "T₅ セット" (Set T₅). Proceed to **S139**.
- S139**: Process box "アンプによりタイマ値を減らす" (Decrease timer value by amplifier). Proceed to **S144**.
- S141**: Decision diamond "目標カム位相に収束か" (Converge to target cam phase?).
 - If **Y** (Yes), proceed to **S142**.
 - If **N** (No), proceed to **S145**.
- S142**: Decision diamond "第6タイマT₆ = 0".
 - If **Y** (Yes), proceed to **S143**.
 - If **N** (No), proceed to **S147**.
- S143**: Process box "T₆ セット" (Set T₆). Proceed to **S144**.
- S144**: Process box "アンプによりタイマ値を減らす" (Decrease timer value by amplifier). Proceed to **S148**.
- S145**: Decision diamond "第7タイマT₇ = 0".
 - If **Y** (Yes), proceed to **S146**.
 - If **N** (No), proceed to **S147**.
- S146**: Process box "T₇ セット" (Set T₇). Proceed to **S148**.
- S147**: Decision diamond "第8タイマT₈ = 0".
 - If **Y** (Yes), proceed to **S148**.
 - If **N** (No), proceed to **S148**.
- S148**: Process box "T₈ セット" (Set T₈). Proceed to **S132**.
- S132**: Process box "①" (Start of cycle). Proceed to **S131**.

フロントページの続き

F ターム(参考) 3G016 AA02 AA08 AA12 AA19 BA03
BA06 BA23 BA28 BA36 BA39
BA42 BA43 BB14 BB17 BB18
BB22 CA21 CA32 DA06 DA08
DA13 DA22 GA01 GA07
3G092 AA01 AA13 BA09 BB01 CB02
DA01 DA02 DA04 DA09 DA14
DF04 DF09 DG02 DG05 DG09
EA09 EA11 EA13 EA14 EA15
EA16 EA17 EA21 EA22 EA26
EA27 EC08 EC10 FA01 FA09
FA15 FA50 FB02 FB03 GA01
GA02 GA14 HA05Z HA06Z
HA13X HA13Z HB01X HC09X
HE01Z HE03Z HE04Z HE08Z